

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr  
**Sebastian Klein**

**Stereoskopische 3D-TV Produktion  
unter Ausnutzung manueller Basis  
und Konvergenz im  
Außenübertragungsbereich**

2013

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Stereoskopische 3D-TV Produktion unter Ausnutzung manueller Basis und Konvergenz im Außenübertragungsbereich**

Autor:  
**Herr Sebastian Klein**

Studiengang:  
**Medientechnik**

Seminargruppe:  
**MT08wF-B**

Erstprüfer:  
**Herr Professor Peter Gottschalk**

Zweitprüfer:  
**Frau M. Sc. Rika Fleck**

Einreichung:  
Mittweida, 23.07.2013

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Stereoscopic 3D-TV production utilizing a manual basis and convergence in the outside broadcast area**

author:

**Mr. Sebastian Klein**

course of studies:

**Bachelor of engineering**

seminar group:

**MT08wF-B**

first examiner:

**Mr. Professor Peter Gottschalk**

second examiner:

**Mrs. M. Sc. Rika Fleck**

submission:

Mittweida, 23.07.2013

## Bibliografische Angaben:

Klein, Sebastian:

### **Stereoskopische 3D-TV Produktion unter Ausnutzung manueller Basis und Konvergenz im Außenübertragungsbereich**

Stereoscopic 3D-TV production utilizing a manual basis and convergence in the outside broadcast area

2013 - 75 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2013

## **Abstract**

Stereoskopische 3D-Produktionen gibt es schon seit vielen Jahrzehnten und haben vor allem mit Kinospielefilmen wie Avatar einen neuen Aufschwung erhalten. Das Thema 3D war in aller Munde und es war nur eine Frage der Zeit, dass diese Technologie auch beim herkömmlichen Fernsehen Anwendung findet.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Anforderungen an eine stereoskopische 3D-TV-Produktion und erläutert deren Grundlagen sowie die nötigen technischen Geräte. Ein besonderer Fokus wird auf die manuelle Basis- und Konvergenzveränderung gelegt, die es erst möglich macht, auf live Situationen entsprechend zu reagieren um den 3D-Eindruck ausgewogen zu gestalten.

Am Beispiel der 1. Fußball-Bundesliga soll das Beschriebene in der Praxis verdeutlicht werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>XII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielstellung.....	1
1.2 Über den Autor.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
2.1 Tiefenwahrnehmung.....	3
2.2 Stereoskopische Aufnahme.....	6
2.2.1 Binokularsehen.....	7
2.2.2 Disparität.....	8
2.2.3 Parallaxe.....	8
2.2.4 Basis.....	9
2.2.5 Konvergenz.....	10
2.2.6 Bildfehler.....	12
2.3 Zeitliche Synchronität.....	14
2.4 Wiedergabesysteme.....	15
2.4.1 Anaglyphtechnik.....	16
2.4.2 Polarisation.....	16
2.4.3 Shutterverfahren.....	18
2.4.4 Autostereoskopie.....	19
<b>3 Gestalterische Aspekte.....</b>	<b>23</b>
3.1 Bildgestaltung und Dynamik.....	23
3.2 Schnitt.....	24
<b>4 Stereo 3D Produktion.....</b>	<b>25</b>
4.1 Kameras.....	25
4.1.1 Sony HDC-1500.....	27

4.1.2	Sony HDC-P1.....	28
4.1.3	LMP HD 1200.....	29
4.2	Rigs.....	30
4.2.1	Side-by-Side-Rig.....	31
4.2.2	Spiegel-Rig.....	31
4.2.3	P+S Freestyle Rig.....	32
4.3	Objektive.....	33
4.4	HD Adapter (HDFA).....	34
4.5	Bildprozessor (MPE-200).....	34
4.6	Bildmischer .....	36
4.7	Aufzeichnung.....	36
4.8	Videoserver.....	36
4.9	Grafiken.....	37
<b>5</b>	<b>Praxisbericht zur 3D-TV Produktion „1. Fußball Bundesliga“.....</b>	<b>39</b>
5.1	Aufbau der Kameras.....	41
5.2	Bild- und 3D-Technik.....	42
5.2.1	Auflagemaß.....	43
5.2.2	L/R-Identifikation.....	44
5.2.3	Bildausschnitt.....	44
5.2.4	Meta-Daten für MPE-Auswertung.....	45
5.2.5	Rigsteuerung.....	46
5.2.6	Optical Alignment.....	47
5.2.7	Kameraabgleich.....	49
5.2.8	Convergence Operating.....	50
5.3	2D-Konvertierung.....	51
5.4	Übertragungswagen.....	52
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>54</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>X</b>
	<b>Eigenständigkeitserklärung.....</b>	<b>XIII</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### *1080i*

...HDTV Norm mit 1080 Zeilen und Interlaceabtastung

### *1080p*

...HDTV Norm mit 1080 Zeilen und progressiver Abtastung

### *2D*

...Zweidimensional

### *2K*

...Horizontale Auflösung von 2048 Bildpunkten und 1080 Zeilen

### *3D*

...Dreidimensional (Räumliches Sehen)

### *4K*

...Horizontale Auflösung von 4096 Bildpunkten und 2160 Zeilen (35mm Format)

### *60p*

...60 Vollbilder pro Sekunde

### *720p*

...HDTV Norm mit 720 Zeilen und progressiver Abtastung

### *AÜ*

...Außenübertragung

### *BNC*

...Bayonet Neill Concelman (koaxialer Stecker mit Bajonett-Verriegelung)

### *CCD*

...Charge Coupled Device (Ladungsgekoppeltes analoges Bauelement)

### *CMOS*

...Complementary Metal Oxide Semiconductor (Bildaufnahmeelement)

### *CRT*

...Cathode Ray Tube (Kathodenstrahlröhre)

### *DLP*

...Digital Light Processor (Prinzip eines Großbildprojektors)

### *DnxHD*

...Familie von HD-Datenreduktionsformaten von AVID

### *EB*

...Elektronische Berichterstattung

### *EVS*

...Hersteller von Systemen für Slow-Motions

### *FBAS*

...Farb-Bild-Austast-Synchron-Signal

*HD-SDI*

...High Definition Serial Digital Interface (HD-Geräteschnittstelle)

*HDFA*

...Dual-channel HD fibre-optic transmission adaptor (HD-Glasfaser-Adapter)

*Hz*

...Hertz (Einheit für die Frequenz)

*LCD*

...Liquid Crystal Display (Flüssigkristallanzeige für Flachbildschirme)

*MAZ*

...Magnetische Bildaufzeichnung

*ME*

...Mischebene bei Bildmischern

*OLED*

...Organic Light Emitting Diode (Display aus selbstleuchtenden Halbleiterelementen)

*RAW*

...Rohdatenformat

*RCP*

...Remote Control Panel (Bedienteil für Kameraaussteuerung)

*SDI*

...Serial Digital Interface (Geräteschnittstelle)

*TFT*

...Thin Film Transistor (Dünnschicht-Transistor)

*TV*

...Television (Fernsehen)

*Ü-Wagen*

...Übertragungswagen



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Linearperspektive am Beispiel von Eisenbahnlinien (aus [WDR10]).....	3
Abbildung 2: Tiefenwahrnehmung durch Verdeckung.....	4
Abbildung 3: Tiefenwahrnehmung durch Schatten.....	4
Abbildung 4: Tiefenwahrnehmung durch relative Höhe.....	5
Abbildung 5: Atmosphärische Perspektive (aus [FOTO13]).....	5
Abbildung 6: Fixationsebenen.....	7
Abbildung 7: Disparität (aus [FRAU11]).....	8
Abbildung 8: positive Parallaxe.....	9
Abbildung 9: Nullparallaxe.....	9
Abbildung 10: negative Parallaxe.....	9
Abbildung 11: Auswirkungen durch Basisveränderung (aus [MEN09]).....	10
Abbildung 12: hohe Konvergenz ( aus [REAL09]).....	10
Abbildung 13: niedrige Konvergenz (aus [REAL09]).....	10
Abbildung 14: Auswirkungen durch Konvergenzveränderung (aus [MEN09]).....	11
Abbildung 15: FBAS mit Black Burst (aus [FLU05c]).....	15
Abbildung 16: Anaglyphdarstellung (aus [VID13]).....	16
Abbildung 17: Anaglyph-3D-Brille (aus [3DF]).....	16
Abbildung 18: Polarisationsverfahren (aus [CHIP11]).....	17
Abbildung 19: Shutterverfahren (aus [CHIP11]).....	18
Abbildung 20: Side-by-Side-Verfahren .....	20
Abbildung 21: Over-Under-Verfahren.....	20
Abbildung 22: Line-by-Line-Verfahren.....	21

---

Abbildung 23: Page-Flipping-Verfahren.....	21
Abbildung 24: Checkerboard-Verfahren.....	22
Abbildung 25: Systemkamera HDC-1500 (aus [SON13]).....	27
Abbildung 26: Split Adapter um Kamerakopf vom Body zu trennen (aus [SON13b])....	28
Abbildung 27: HDC-P1 Kompaktkamera (aus [SON13c]).....	28
Abbildung 28: Steadycam mit P+S Freestyle Rig (aus [LIV10]).....	29
Abbildung 29: LMP-HD-1200 Minikamera (aus [FILM09a]).....	30
Abbildung 30: Side-by-Side Rig (aus [FILM10]).....	31
Abbildung 31: Spiegel Rig von Element Technica (aus [CRE10]).....	32
Abbildung 32: P+S Freestyle Rig zur Montage auf Steadycam System ( aus [INI]).....	33
Abbildung 33: Sony HD Adapter HDFA (aus [SON13e]).....	34
Abbildung 34: MPE-200 (aus [SON13f]) .....	35
Abbildung 35: EVS Controller (aus [FILM13b]).....	37
Abbildung 36: Kamerakonzzept S3D 6+0+2 (aus [SPO13]).....	39
Abbildung 37: LMP-HD1200 Kameras im Polecamsystem (aus [PRO12]).....	41
Abbildung 38: Testtafel mit Siemensstern (aus [ARS13]).....	43
Abbildung 39: Differenzbild aus der MPE-200.....	45
Abbildung 40: MPE-200 Systemdiagramm (aus [SON12]).....	45
Abbildung 41: Element Technica Handcontroller (aus [ELE13]).....	46
Abbildung 42: Messtafel für Optical Alignment (aus [KAM13]).....	47
Abbildung 43: Wandern der optischen Achse (aus [FKT13b]).....	48
Abbildung 44: MPE-200 Softwareansicht (aus [ITB13]).....	51
Abbildung 45: 2D Konvertierung Systemdiagramm (aus [SON11]).....	52

Abbildung 46: Mögliche Aufteilung im Ü-Wagen (aus [TOP13]).....	53
Abbildung 47: Verfügbare 3D-Inhalte in Deutschland (aus [FILM10b]).....	55
Abbildung 48: Übersicht der Haushalte mit 3D-fähigen TV-Geräten (aus [FILM10c])....	55
Abbildung 49: Kinoeinnahmen aus 3D-Versionen (aus [FILM10d]).....	56

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht Wiedergabeverfahren.....	19
Tabelle 2: Übersicht der Darstellungsverfahren.....	22
Tabelle 3: Aufteilung und Bezeichnung Kameras.....	40

# 1 Einleitung

In den letzten Jahren sind Kinospielefilme in 3D wieder immer beliebter geworden. Da war es nur eine Frage der Zeit, bis sich diese Darstellungsform auf unsere Fernseher zu Hause überträgt. Doch was ist eigentlich nötig um ein Programm in der Produktion für unsere Haushalte zu produzieren? Ist das alles bezahlbar und wo kann man überhaupt 3D-Inhalte sehen? In jedem Elektrofachmarkt gibt es unzählige Modelle an 3D-Fernsehern mit verschiedenen Darstellungsmethoden. Doch was ist eigentlich nötig, um ein Fußballspiel in Stereo 3D zu übertragen und was macht ein Konvergenz-Operator?

## 1.1 Zielstellung

Diese Arbeit erklärt die Grundlagen von 3D, die nötigen Komponenten für eine Produktion in Stereo-3D und setzt sie ins Verhältnis zu einer herkömmlichen zweidimensionalen Produktion. Zum Schluss soll das Beschriebene am Beispiel der 1. Fußball Bundesliga in der Praxis erläutert werden.

## 1.2 Über den Autor

Sebastian Klein wurde am 11.07.1985 in Berlin geboren und besuchte nach seinem Realschulabschluss im Jahre 2002 das Oberstufenzentrum für Kommunikations-, Informations- und Medientechnik in Berlin, wo er mit Schwerpunkt Medientechnik 2005 sein Abitur erfolgreich absolvierte.

Nach einer dreijährigen betrieblichen Berufsausbildung bei der Firma Studio Berlin Adlershof zum Mediengestalter Bild und Ton studierte er ab 2008 Medientechnik an der Hochschule Mittweida. Neben seiner freien Tätigkeit als Bild- und Tontechniker für Studio Berlin Adlershof war er zusätzlich von 2009 bis 2011 als Werkstudent an der Hochschule und der Firma pro unique der IMM als technische Hilfskraft tätig. Von 2009 bis 2011 war er ebenfalls innerhalb

einer Forschungsgruppe der Hochschule Mittweida an der Planung eines Übertragungswagens beteiligt.

Als Sebastian Klein 2011 wieder nach Berlin zog, begann er bei der Firma Top Vision als Video- und 3D-Techniker erste Erfahrungen in der Stereoskopischen 3D-TV Produktion zu sammeln.

Von August 2011 bis Februar 2013 absolvierte er bei der Firma cine plus Mediaservice GmbH erfolgreich ein Traineeprogramm, wo er seit März 2013 als Projektmanager mit den Schwerpunkten nationale und internationale Koproduktionen, sowie Studioproduktionen angestellt ist.

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Nachdem die wichtigsten Grundbegriffe der Stereoskopie anhand von Beispielen erläutert wurden, widmet sich der Autor bekannten Bildfehlern, die einen ausgewogenen 3D-Eindruck stören und gibt Lösungsansätze. Zur Wiedergabe von stereoskopischen Inhalten werden verschiedene Wiedergabesysteme und Verfahren vorgestellt und es werden deren Vor- und Nachteile genannt.

Da sich auch gestalterische Aspekte zu einer herkömmlichen zweidimensionalen Bildgestaltung unterscheiden, wird im Kapitel 3 darauf hingewiesen, welche Veränderungen in der Dynamik und im Schnitt eingehalten werden sollten, um eine Überforderung beim Zuschauer zu vermeiden.

Abschließend erläutert der Autor die technische Umsetzung für eine Stereo 3D-TV Produktion und stellt Komponenten wie Kameras, Objektive, Rigs und Weitere anhand von Geräten vor, die sich in der Vergangenheit bei den Produktionsfirmen etabliert haben, in Verbindung mit einer manuell durch Konvergenz-Operatoren veränderbaren Basis und Konvergenz.

Anhand eines Praxisberichts zur 1. Fußball Bundesliga wird das beschriebene angewendet.

Abschließend wird ein Zukunftsblick riskiert und der immer noch anhaltenden Zurückhaltung versucht auf den Grund zu gehen.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Tiefenwahrnehmung

Ein Fernsehbild wird in zwei Dimensionen dargestellt. Höhe x Breite. Um einen räumlichen Eindruck zu vermitteln muss eine dritte Ebene, die Tiefe, visuell vorgetäuscht werden.

Bildbezogene Tiefenreize können im zweidimensionalen Bild mit den nachfolgenden Informationen dargestellt werden.

#### - Linearperspektive

Ein bekanntes Mittel zur Erzeugung von Tiefe ist die Linearperspektive. Hier laufen parallele Linien in der Tiefe zusammen. Ein Beispiel dafür sind Eisenbahnschienen, die eine sehr starke Tiefenwirkung haben (Abbildung 1).



Abbildung 1: Linearperspektive am Beispiel von Eisenbahnlinien (aus [WDR10])

#### - Verdeckung

Bei der Verdeckung (Bild 2) überdecken sich zwei oder mehrere Objekte. Ein Objekt wird also hinter einem anderen wahrgenommen und scheint sich tiefer im Raum zu befinden.

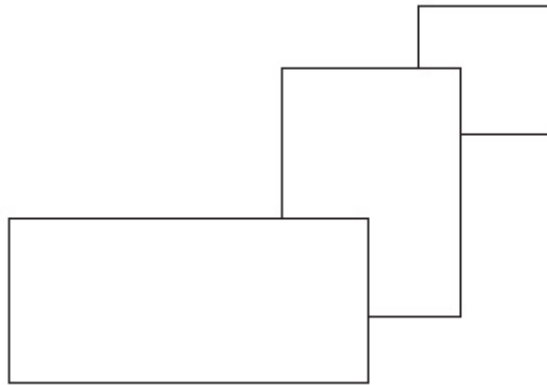


Abbildung 2: Tiefenwahrnehmung durch Verdeckung

### - Schatten

Auch mit Schatten lässt sich Tiefe erzeugen. Je nachdem von wo aus Licht auf ein Objekt fällt, entstehen Schatten. Dadurch können sich Erhebungen oder Vertiefungen bilden, die einen Tiefeneindruck erzeugen. Abbildung 3 zeigt zwei mal den gleichen Kreis. Beim rechten Kreis wurde ein Schatten hinzugefügt, der das Objekt räumlicher erscheinen lässt.



Abbildung 3: Tiefenwahrnehmung durch Schatten

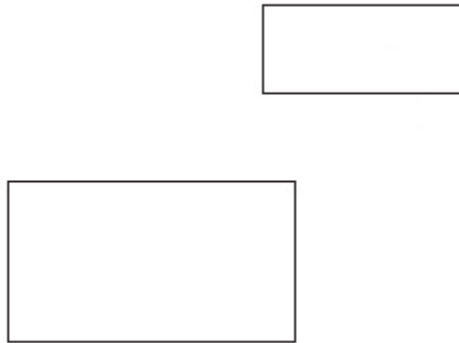
### - Relative Höhe

Bei der relativen Höhe handelt es sich um eine Horizontlinie, die für eine Orientierung im Raum sorgt. Je näher sich ein Objekt im Bild an der Horizontlinie befindet, desto tiefer wird es im Raum wahrgenommen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. [TAU10a]





*Abbildung 4: Tiefenwahrnehmung durch relative Höhe*

Bei ähnlichen Objekten wird das größere Objekt näher wahrgenommen, da unsere Erfahrung uns gelehrt hat, dass kleinere Objekte sich weiter weg befinden müssen. Dies nennt man die relative Größe.

#### **- Vertraute Größen**

Bekannte Größen werden ebenfalls als Referenz für eine Tiefenschätzung genommen. Ein sehr gutes Beispiel dafür ist ein Mensch auf einem Feld. Auf diesem Feld befindet sich ebenfalls ein Baum. Wir wissen, dass der durchschnittliche Mensch zwischen 1,65m und 1,80m groß ist und wir kennen die ungefähre Größe von einem Baum. Wirkt dieser Mensch im Bild also größer als ein Baum muss er viel näher an der Kamera stehen und der Baum weiter hinten im Feld.

#### **- Atmosphärische Perspektive**

Bei der atmosphärischen Perspektive handelt es sich um Kontraste, die in der Ferne abnehmen, da das Licht durch Staub und Wasser in der Luft gebrochen wird und unschärfer wirkt.



*Abbildung 5: Atmosphärische Perspektive (aus [FOTO13])*

### - Bewegungsindikatoren

Bewegungsindikatoren vermitteln uns, das sich langsam bewegende, ähnliche Objekte weiter entfernt befinden müssen.

### - Optisches Fließen

Ein gern genutzter Effekt ist das optische Fließen. Unscharfe Ränder sollen Geschwindigkeit verdeutlichen. Fließende Kanten lassen ein Objekt erscheinen, als würde es sich im Raum bewegen.

## 2.2 Stereoskopische Aufnahme

Grundsätzlich sind für eine stereoskopische Aufnahme zwei Kameras beziehungsweise Objektive notwendig, die die Augen nachbilden und etwas versetzt zwei Bilder aufnehmen, die anschließend zu einem Gesamtbild zusammengeführt werden, um so auf einer zweidimensionalen Ebene den Eindruck von räumlicher Tiefe zu erzeugen. Theoretisch sollte also auch im Aufbau auf sogenannten Stereo 3D-Rigs der Abstand der Objektive jeweils den menschlichen Augenabstand nachbilden.

Beide Einzelbilder werden im Nachhinein wieder zusammengeführt und mit Hilfe verschiedener Techniken und Wiedergabesysteme als dreidimensionales Bild dargestellt.

Da die Aufnahmen sehr komplex sind, wird in der Regel ein Stereographer hinzugezogen, sowie Konvergenz-Operator, die die Basis und Konvergenz während der Aufnahme verändern und an die jeweiligen Anforderungen anpassen.

Zuerst gilt es den stereoskopischen Nahpunkt zu definieren. Dabei handelt es sich um das vordergründigste Objekt des Bildes.

Als zweites Element gibt es den stereoskopischen Fernpunkt. Dabei handelt es sich um das Objekt mit der größten Entfernung zur Kamera.<sup>2</sup>

---

2 Vgl. [TAU10b]

Dies ist auch der Bereich, in dem ein Objekt keinen perspektivischen Unterschied mehr aufweist.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Grundbegriffe erläutert, die bei stereoskopischen 3D-Produktionen immer wieder vorkommen und nicht zu vernachlässigen sind.

### 2.2.1 Binokularesehen

Das Binokularesehen bezeichnet die Nutzung von zwei Augen zum Sehvorgang. Die zwei Bilder, die von beiden Augen gesehen werden, schmilzt unser Gehirn zu einem Bild zusammen. Dieses fusionierte Bild wird immer mittig wahrgenommen.

Punkte vor oder hinter unserem Fixationspunkt treffen auf der Netzhaut des jeweiligen Auges an unterschiedlichen Stellen auf.

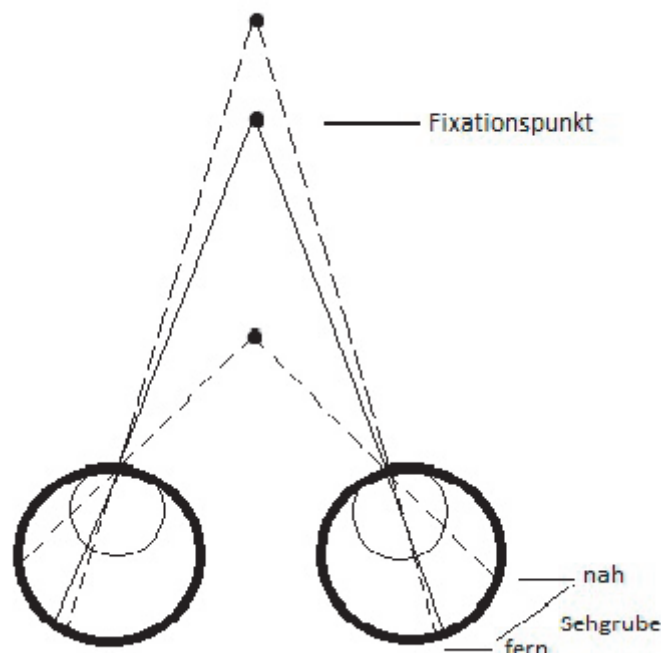


Abbildung 6: Fixationsebenen

Zu Teilbildkonflikten kann es kommen, wenn ein sehr nahes Objekt nur von einem Auge gesehen wird.

## 2.2.2 Disparität

Die Disparität bezeichnet den Abstand eines Objektes auf einer Bildebene. Genauer gesagt der Unterschied einander entsprechenden Punkten in beiden Teilbildern.

Abbildung 7 zeigt das jeweilige Bild, aufgenommen von Kamera L und R. Die Weg-Differenz zwischen dem Kreis aus dem Bild der Kamera L und R ergibt die Disparität. Diese Verschiebung zwischen einander entsprechenden Punkten in beiden Teilbildern macht den 3D-Effekt aus.<sup>3</sup>

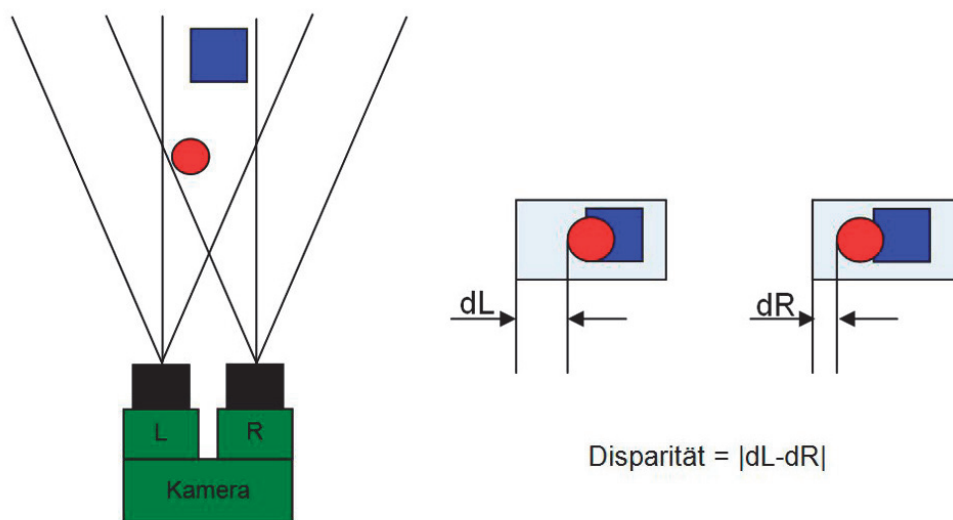


Abbildung 7: Disparität (aus [FRAU11])

## 2.2.3 Parallaxe

Wird der binokulare Fokus hinter die Bildschirmoberfläche gerichtet, nennt man dies positive Parallaxe (Bild 8). Das Objekt befindet sich hinter der Bildschirmoberfläche.

Auf der Bildschirmoberfläche spricht man von der Nullparallaxe (Bild 9). Wird der binokulare Fokus vor die Bildschirmoberfläche gerichtet, spricht man von der negativen Parallaxe (Bild 10). Das Objekt scheint sich vor dem Bildschirm zu befinden.

<sup>3</sup> Vgl. [TAU10c]



Abbildung 8: positive Parallaxe

Abbildung 9: Nullparallaxe

Abbildung 10: negative Parallaxe

Die Perspektiven der beiden Kameras werden durch zwei Parameter bestimmt, der Basis und der Konvergenz. (Abbildungen aus [REAL13])

## 2.2.4 Basis

Die Basis, auch Stereobasis genannt, ist der Abstand zwischen den optischen Achsen zweier Objektive. Wird die Basis verändert, verändert sich auch die Tiefenwahrnehmung. Baubedingt kann die Basis nicht immer bis auf Null gebracht werden, da Kameras und Objektive von einem Gehäuse umgeben sind.

Eine Ausnahme bildet ein sogenanntes Spiegel-Rig, bei dem die Kameras rechtwinklig zueinander angeordnet sind. Siehe hierzu auch Kapitel 4.2.2.

Grundsätzlich sollte die Basis zu Beginn immer auf Augenabstand gebracht werden (6,5 cm).

Die Abbildung 11 verdeutlicht, wie sich die Objekte im Bild verändern, wenn sich die Basis zwischen zwei Kameras verändert.

Große Landschaftsaufnahmen verlangen eine große Basis um auch im Bild eine hohe Tiefenausdehnung zu erzielen. Da sich dadurch auch die Nullebene verschiebt, muss die Konvergenz ebenfalls korrigiert werden.<sup>4</sup>

---

4 Vgl. [TAU10d]

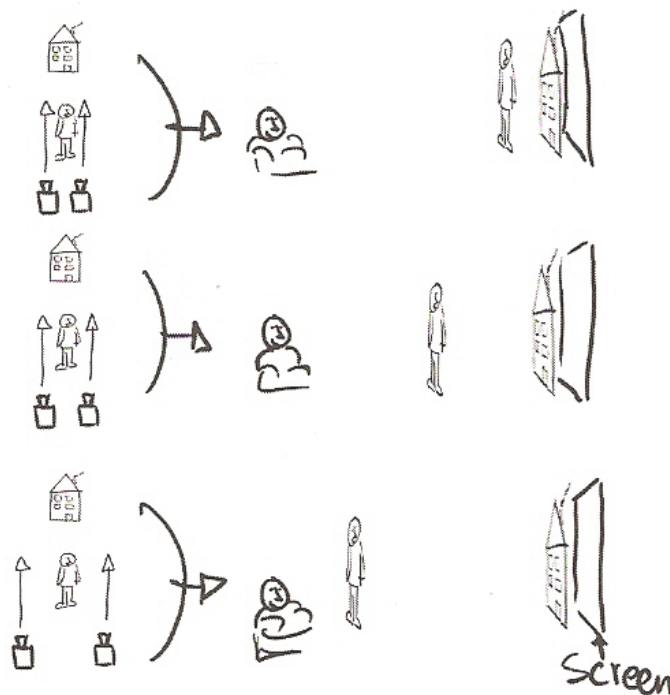


Abbildung 11: Auswirkungen durch Basisveränderung (aus [MEN09])

### 2.2.5 Konvergenz

Der Schnittpunkt beider Augen wird Konvergenzpunkt genannt. Je nachdem, wo dieser Punkt hin gelenkt wird, bzw. sich die Sichtlinien treffen, spricht man von einer positiven, negativen oder Nullparallaxe (Siehe auch 2.2.3 Parallaxe). Anders gesagt, ist die Konvergenz der Winkel, der zwischen unseren Augen und einem Objekt gebildet wird.

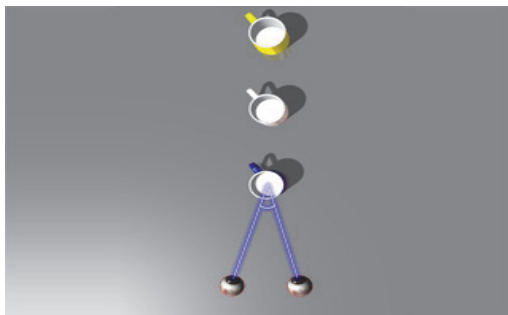


Abbildung 12: hohe Konvergenz ( aus [REAL09])

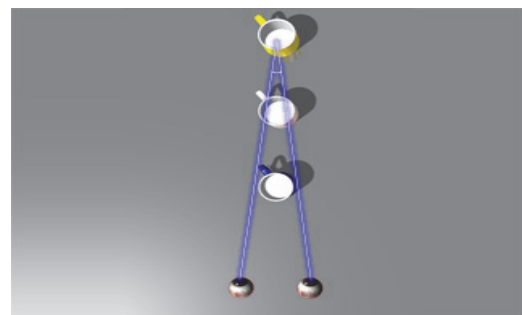


Abbildung 13: niedrige Konvergenz (aus [REAL09])

In der Abbildung 13 ist das Objekt fern, so dass ich ein niedriger Konvergenzbereich ergibt. In Abbildung 12 ist das Objekt sehr nah, wodurch eine hohe Konvergenz resultiert.

Konvergiert man statisch auf das nächste Objekt in einem Bild, befindet sich der Rest der Szene hinter der Bildschirmoberfläche. Dies hat den Nachteil, dass die Nullebene fest definiert ist und man hat keine Möglichkeiten in der Nachbearbeitung den Konvergenzpunkt zu verändern.

Abbildung 14 zeigt in der vereinfachten Darstellung, wie sich Objekte im 3D-Bild verändern, wenn die Konvergenz bei gleicher Basis verändert wird.

Kameras lassen sich konvergent, parallel und divergent zueinander ausrichten. Letzteres sollte allerdings vermieden werden, da hier keine fusionierbaren Bilder entstehen. Wird ein nahes Objekt fixiert entsteht das Gegenteil, so dass unsere Augen schielen.<sup>5</sup>

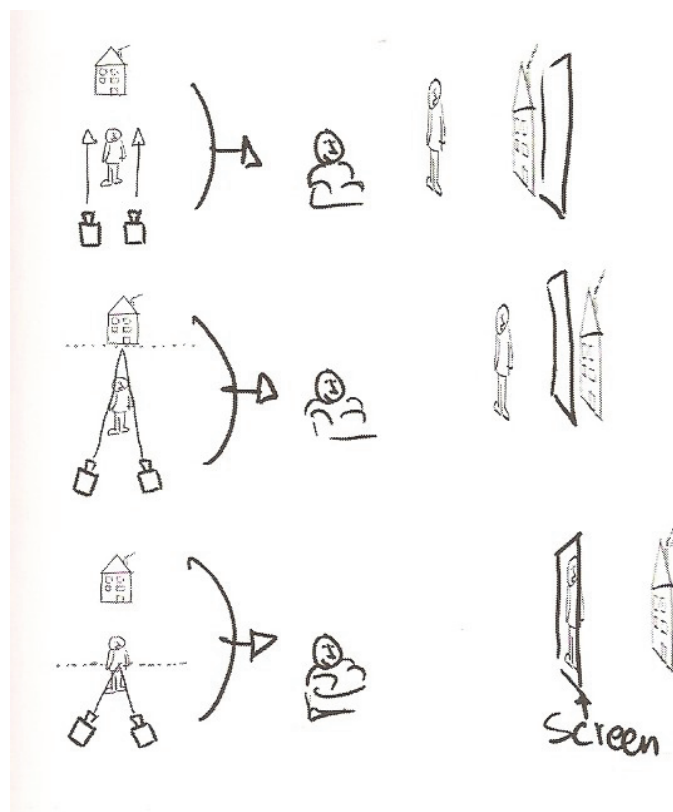


Abbildung 14: Auswirkungen durch Konvergenzveränderung (aus [MEN09])

5 Vgl. [TAU10e]

### 2.2.6 Bildfehler

Bei der Aufnahme, Übertragung oder Wiedergabe kann es zu Fehlern kommen, bei denen die Wahrnehmung als störend empfunden wird oder sogar den 3D-Effekt zerstören. Die besten Beispiele dafür sind Unterschiede in der Geometrie, Farbe, Helligkeit oder Kontrast, sowie Fokus und Brennweite.

Die ersten Bildfehler in der Prozesskette können durch falsch eingestellte Objektive und eine fehlerhafte Justage der Rigs, falsch abgegliche Kameras oder mechanische Differenzen bei der Aufnahme (Zoom, Fokus) entstehen. Daher sollte stets ausreichend Zeit für die Justage aller Komponenten eingeplant werden.

Bei Helligkeitsunterschieden spielt es keine große Rolle, ob ein Bild etwas heller ist als das andere, da unser Gehirn diesen Unterschied mittelt und somit ausgleicht. Ist ein Bild allerdings zwei bis drei mal heller als das andere, lässt sich die Summation nicht mehr ausgleichen. An dieser Stelle kommt es zu einer binokularen Rivalität.<sup>6</sup>

Rauschen kann auf einem Chip der Kamera entstehen, wenn dieser nicht die gleiche Güte aufweist wie der Chip der anderen Kamera, oder aber in nicht bzw. schlecht abgeschirmten Kabeln.

Dies soll am Beispiel von symmetrischen und unsymmetrischen Kabeln aus dem Tonbereich erläutert werden.

Ein unsymmetrisches Kabel hat eine Leitung auf der das Signal übertragen wird. Auf der Strecke von Sender zu Empfänger können Störungen auftreten, die sich als zusätzliche Frequenz übertragen. Bei einem symmetrischen Kabel wird das Signal auf einer Leitung phasenverdrehend übertragen. Bei der Wandlung beim Empfänger werden die beiden Signale wieder addiert, so dass sich die Störung auslöscht, da die Störung auf beiden Leitungen in selber Phasenrichtung vorhanden ist.<sup>7</sup>

#### - Geometrische Unterschiede

---

<sup>6</sup> Vgl. [TAU10f]

<sup>7</sup> Vgl. [FLU05a]



Geometrische Unterschiede sind Fehler in der Bildlage, Bildmaßstab oder Abweichungen in der Linearität. Diese Unterschiede können immer auftreten, sind in den meisten Fällen aber so gering, dass sie nicht auffallen. Verdrehte Teilbilder fallen ab  $\frac{1}{2}$  Grad auf und ein vertikaler Versatz erst ab einem Unterschied von 1% der Bildhöhe.

#### **- Helligkeitsunterschiede**

Bei geringen Helligkeitsunterschieden kann unser Gehirn die Differenz mitteln, so dass wir gar nicht merken, dass ein Auge ein helleres Bild als das andere Auge wahrnimmt. Problematisch wird es erst ab mehreren Blendenstufen und einer längeren Betrachtungsdauer.

#### **- Kontrastunterschiede**

Wie eingangs erwähnt, gibt es an einer Kamera viele Möglichkeiten zur Beeinflussung des Bildes in Helligkeit, Kontrast und Farbe. Der Kontrast verändert sich bei unterschiedlichen Klee-Punkten, Gradationsstufen und Filter-, sowie Gain-Einstellungen. Werden beide Kameras nicht komplett identisch eingestellt, kann es schnell zu Kontrastunterschieden kommen. Ebenso wird empfohlen alle Automaten eines Kamerasystems abzuschalten.

#### **- Farbunterschiede**

Farbunterschiede zwischen den Teilbildern können in den verwendeten Objektiven durch Fertigungstoleranzen und unterschiedlichen Lichteinfall entstehen. Besonders bei Spiegel-Rigs fällt das Licht baubedingt anders auf das Objektiv einer Kamera ein. Ebenso kann Streulicht ein Faktor für Farbdifferenzen sein. Da die meisten Spiegel nahezu farbneutral hergestellt werden sind die Farbdifferenzen sehr gering. Eine weitere Ursache für Farbdifferenzen können die Sensoren der Kameras sein. Werden unterschiedliche Kameras verwendet, wovon strengstens abgeraten wird, können unterschiedliche Chiparten verwendet sein. Bei gleichen Kameramodellen kann die Güte der Chips eine unterschiedliche sein oder falls eine Kamera älter ist, können diverse Abnutzungserscheinung ein Grund für Farbunterschiede sein. In den meisten Fällen treten Farbdifferenzen allerdings

durch einen fehlerhaften Farbabgleich der Kameras auf. Siehe hierzu auch Kapitel 5.2.7. Kameraabgleich.

#### **- Fokusunterschiede**

Fokusunterschiede treten in erster Linie in den verwendeten Objektiven auf. Selbstverständlich können auch Einstellungen in der nachgeschalteten Software zu Unschärfen führen, diese es zu prüfen gilt. Allerdings ist zu vermuten, dass das Objektiv dringend in die Wartung gegeben werden sollte. Fokusunterschiede wirken sich besonders störend aus und haben zur Folge, dass kein 3D-Effekt mehr vorhanden ist.

#### **- Brennweitendifferenzen**

Brennweitendifferenzen treten auf, wenn zwei Objektive einer 3D-Anordnung nicht exakt aufeinander abgeglichen sind. Der exakte Abgleich lässt sich erreichen, indem beide Objektive mit einem Bridge Kabel verbunden werden. Durch einen Austausch der Objektiv-Meta-Daten können die genauen Positionen ermittelt und aufeinander eingestellt bzw. korrigiert werden. Dieser Vorgang muss in den Bereichen Tele, Mitte und Nah durchgeführt werden, da es über den Brennweitenverlauf durch Fertigungstoleranzen zu Differenzen kommen kann. Skalierungsunterschiede durch verschiedene Brennweiten werden erst ab der Grenze von ca. 1% als störend empfunden.<sup>8</sup>

## **2.3 Zeitliche Synchronität**

Damit vor allem bei Bewegungsabläufen beide Teilbilder stets identisch und zur gleichen Zeit zum Zuschauer gelangen, muss eine zeitliche Synchronität hergestellt werden, da zwei Kameras gleichzeitig Bilder übertragen, die zu einem harmonischen Bild verschmelzen sollen. Die Entwicklung in der Geschichte des Films hat gezeigt, dass Bilder mit einer Bildwechselfrequenz von 50 Hz als nicht mehr flimmernd wahrgenommen werden. Dies entspricht, aus dem Zeilensprungverfahren begründet, 50 Halbbildern und 25 Vollbildern

---

<sup>8</sup> Vgl. [TAU10g]

(Frames) pro Sekunde. Es finden also in einer Verkämmung von Halbbildern 50 Bildwechsel pro Sekunde statt.<sup>9</sup>

Da also eine Asynchronität zwischen Einzelbildern stattfinden kann, wird ein sogenannter Genlock benötigt. Jede professionelle Kamera verfügt über einen Genlock-Eingang, über den mittels BNC-Anschluss, über ein Videokabel, ein Takt zur Synchronisierung übertragen werden kann. Damit alle Geräte einer Produktionskette im gleichen Takt laufen, benötigt man zusätzlich einen Taktgenerator, an dem jedes Gerät von der Kamera, über den Bildmischer und die Aufzeichnungsgeräte angeschlossen sind. Beim FBAS-Signal wurde dafür der Black-Burst (Bild 15) benutzt. Für HD-Signale wird der Tri-Level-Synch. verwendet, der sich im Vergleich durch eine höhere Flankensteilheit auszeichnet.

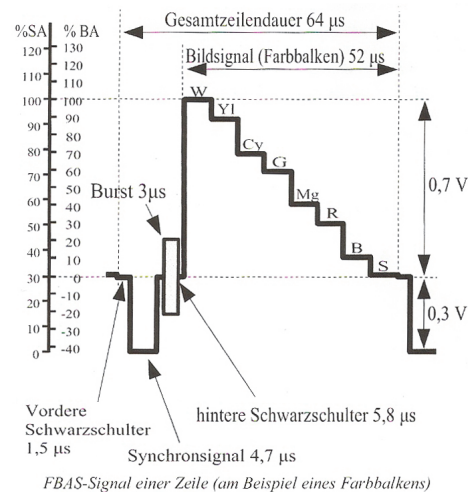


Abbildung 15: FBAS mit Black Burst (aus [FLU05c])

<sup>9</sup> Vgl. [FLU05b]

## 2.4 Wiedergabesysteme

Bei den Wiedergabesystemen gibt es zwei grundlegende Arten zur Wiedergabe von 3D-Inhalten. Als erstes seien Monitore genannt, da diese die größte Verwendung in unseren Haushalten finden. Innerhalb der Gruppe Monitore muss man die Unterscheidung in polarisierende und weitere Verfahren vornehmen. Damit wir ein dreidimensionales Bild auch sehen sind derzeit drei verschiedene Brillenarten erhältlich.

### 2.4.1 Anaglyphtechnik

Diese Technik gehört zu den ältesten Verfahren der Stereoskopie. Die gegensätzlich eingefärbten Bilder werden für das jeweilige Auge mithilfe einer Brille durch deren Komplementärfarben getrennt. So wird nur ein Bild für das rechte und ein Bild für das linke Auge durchgelassen.



Abbildung 16: Anaglyphdarstellung (aus [VID13])



Abbildung 17: Anaglyph-3D-Brille (aus [3DF])

Dies bietet zwar den Vorteil, dass das 3D-Bild über einen Kanal übertragen werden kann, allerdings kommt es gleichzeitig zu Farb- und Helligkeitsunterschieden, bedingt durch die Grundlage, dass einzelne Grundfarben unterschiedliche Helligkeiten aufweisen. Außerdem lassen sich die beiden Kanäle oftmals nicht exakt trennen und es kommt zu Übersprechungen.

Durch die einfache Kodierung und Produktion der Brillen und Wiedergabemöglichkeit bietet dieses Verfahren zwar eine sehr günstige Möglichkeit, allerdings ist die Qualität weit hinter anderen Verfahren und Technologien.

## 2.4.2 Polarisation

Polarisationsfilter lassen Licht bestimmter Schwingungsrichtungen durch. Der Betrachter trägt eine Brille mit zwei um  $90^\circ$  verdrehten Polfiltern vor den Augen. Das Licht der Teilbilder ist ebenfalls entgegengesetzt polarisiert. So wird jeweils ein Teilbild zum richtigen Auge durchgelassen und das andere gesperrt.<sup>10</sup>

Abbildung 18 veranschaulicht dieses Prinzip vereinfacht, in dem das erste Teilbild als Punkte polarisiert und das zweite Teilbild als Striche ausgesendet werden. Jedes Brillenglas lässt nur die Bilder durch, wie das „Glas“ polarisiert ist, um so Bilder für das bestimmte Auge sichtbar zu machen.

Hierbei handelt es sich um eine günstige Methode Brillen herzustellen, die gleichzeitig sehr leicht sind. Ein Nachteil besteht allerdings in der fehlerhaften Kanaltrennung, wodurch Fehler in der Darstellung entstehen können. Außerdem funktioniert dieses Prinzip nicht mehr, wenn der Betrachter seinen Kopf neigt oder nicht direkt vor dem Display sitzt.

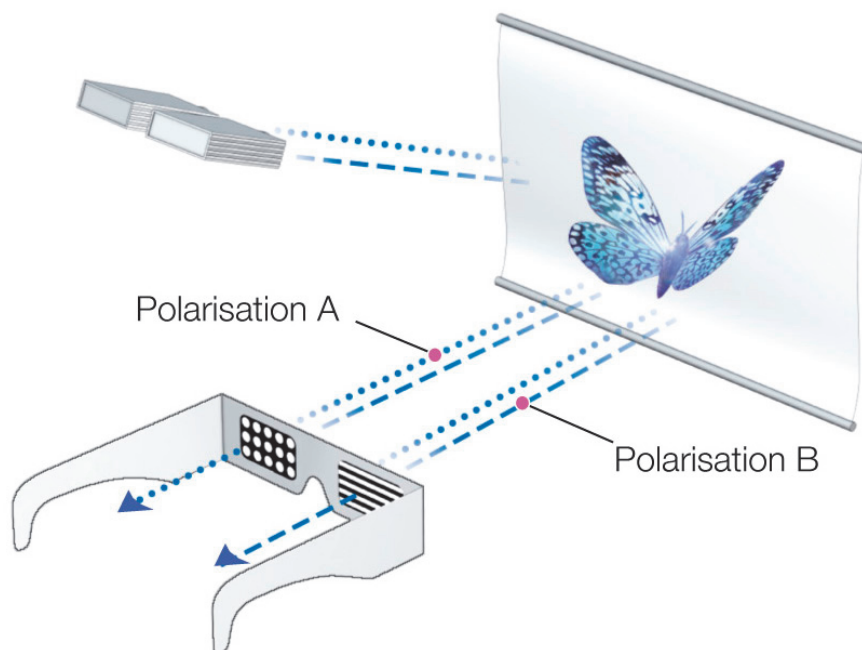


Abbildung 18: Polarisationsverfahren (aus [CHIP11])

Das Polarisationsprinzip findet häufig Anwendung in Kinos, da die Brillen günstig und leicht sind und der Zuschauer stets aufrecht vor der Leinwand sitzt.

---

<sup>10</sup> Vgl. [TAU10h]

### 2.4.3 Shutterverfahren

Beim Shutterverfahren wird elektronisch in der Brille ein Auge dunkel geschaltet, während das andere Auge das jeweilige Teilbild durchlässt. Dies geschieht im permanenten Wechsel (Abbildung 19). Dazu ist es notwendig, das Display und Brille vor der Benutzung sich synchronisieren, da auch das Display in dem jeweiligen Zeitintervall das richtige Bild darstellen muss, bzw. die Brille weiß, wann welches Bild zu welchem Auge durchgelassen werden soll. Dieses Verfahren hat den Vorteil, das jedes Teilbild in der vollen Auflösung dargestellt werden kann.

Diese Brillen sind etwas teurer in der Herstellung und schwerer im Gewicht, da hier eine Batterie notwendig ist. Ein großer Vorteil hingegen ist die sehr genaue Kanaltrennung und die hohe Auflösung. Dadurch, dass aber ständig vor unseren Augen hell und dunkel geschaltet wird ist dieses Verfahren sehr anstrengend für den Zuschauer und kann Kopfschmerzen verursachen.

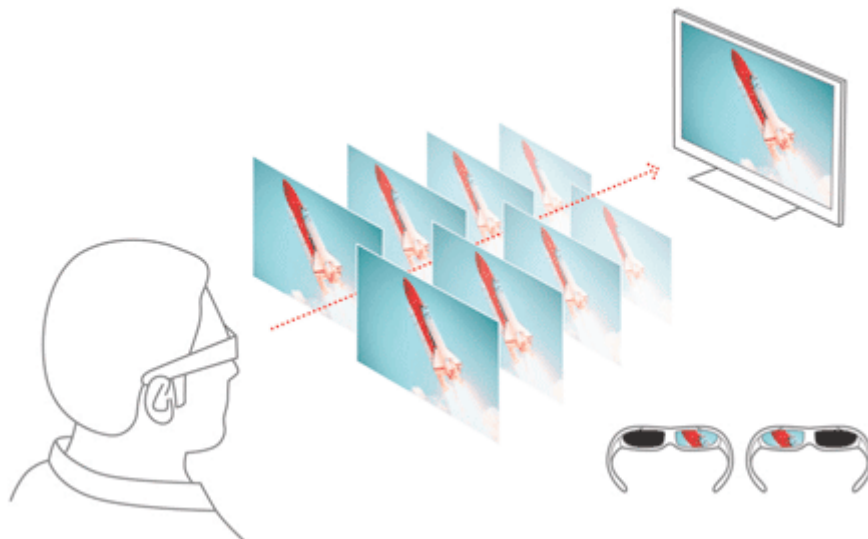


Abbildung 19: Shutterverfahren (aus [CHIP11])

Der Wechsel zwischen hell und dunkel geschieht so schnell, dass wir den Unterschied visuell nur beim einschalten kurz bemerken, da das Bild etwas dunkler wird, unser Gehirn muss aber ständig zwischen den jeweiligen Zuständen verarbeiten, was auf die Dauer sehr anstrengend werden kann.

### 2.4.4 Autostereoskopie

Bei autostereoskopischen Verfahren handelt es sich um Displays, bei denen keine Brillen benötigt werden. Seit Jahren wird am Heinrich Hertz Institut an Techniken und Displays geforscht. Mittlerweile sind erste Modelle von SONY, SAMSUNG und anderen Herstellern erhältlich, welche allerdings noch nicht praxismäßig sind.

Die nachfolgende Tabelle soll einen kurzen Überblick über die beschriebenen Methoden geben und zusammenfassend erläutern wo die Unterschiede liegen.

Methode	Kino	Bildschirm	Druck	Zuschauer	Farbe	Trennung	Tiefe	Brille
Anaglyph	x	x	x	viele	gering	mittel	gut	x
Polarisation	x	x	-	viele	Sehr gut	gut	gut	x
Shutter	x	x	-	viele	gut	gut	gut	x
Autostereoskopie	-	x	x	wenig	mittel	mittel	mittel	-

Tabelle 1: Übersicht Wiedergabeverfahren (aus [TAU10])

Bei den direkten Systemen zur Wiedergabe gibt es die Unterscheidungen zu treffen in CRT (Cathode Ray Tube), Plasma, LCD (Liquid Crystals Display), TFT (Thin Film Transistor), DLP (Digital Light Processing) und OLED (Organische Leucht Diode).

Stereoskopische Displays, vor allem LCD, TFT und Plasma mit Shutter- oder Polarisationsverfahren sind weit verbreitet auf dem Markt und bieten eine sehr gute Möglichkeit der Stereoskopischen 3D-TV Darstellung für den Endverbraucher. Bei Kinoprojektoren (DLP) ist die Bildqualität und Bildwiederholrate hoch genug um stereoskopische Spielfilme in Kinoqualität wiederzugeben.

Die Ausgabe auf den angeführten Systemen kann über verschiedene, nachfolgend erläuterte Verfahren erfolgen.

### - Over-Under-Verfahren

Beim Over-Under-Verfahren, auch Top-and-Bottom genannt, werden die beiden Teilbilder untereinander mit einer jeweiligen Auflösung von 360x1280 und einer Gesamtauflösung von 720p50 dargestellt. Das linke Bild wird oben als erstes ausgegeben (Abbildung 21<sup>11</sup>).

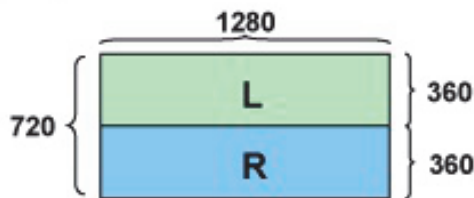


Abbildung 21: Over-Under-Verfahren

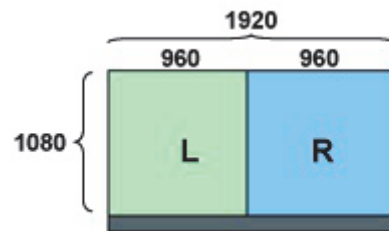


Abbildung 20: Side-by-Side-Verfahren

### - Side-by-Side

Beim Side-by-Side Verfahren werden die beiden Teilbilder nebeneinander gestaut, mit jeweils 960x1080 Zeilen und einer Gesamtauflösung von 180i25 dargestellt (Abbildung 20<sup>12</sup>). Das linke Bild wird zuerst ausgegeben.

Das Side-by-Side und Over-Under-Verfahren sind die kostengünstigsten Varianten für eine Übertragung, da beide Teilbilder über einen HD-SDI-Stream übertragen werden können. Die Auflösung wird dabei allerdings halbiert.

### - Line by Line-Verfahren

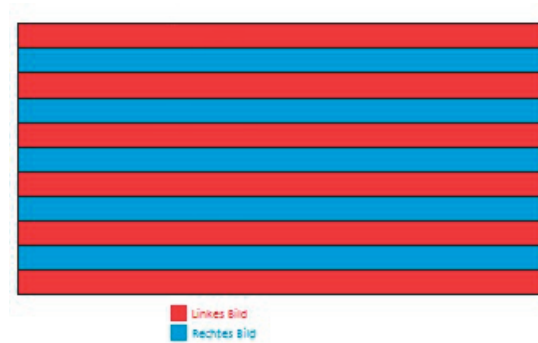
Bei diesem Verfahren wird wie beim 2D Zeilensprungverfahren jedes Bild Zeile für Zeile ineinander verschachtelt übertragen. Beide Teilbilder werden allerdings mit jeweils der halben vertikalen Auflösung dargestellt. Siehe Abbildung 22.

---

<sup>11</sup> Aus [FILM13]

<sup>12</sup> Aus [FILM13]



*Abbildung 22: Line-by-Line-Verfahren*

### - Frame-Sequentiel

Frame Sequentiel, auch Page-Flipping genannt, ist die Darstellung für das Shutterprinzip. Hier werden die einzelnen Teilbilder nacheinander, in kompletter vertikaler und horizontaler Auflösung dargestellt. Erfordert allerdings die doppelte Bildwechselrate der Effektivfrequenz, damit die Bilder flimmerfrei wahrgenommen werden.

*Abbildung 23: Page-Flipping-Verfahren*

### - Checkerboard

Das Checkerboardverfahren wird häufig bei Projektoren verwendet und bezeichnet die Verschachtelung der Einzelbilder wie bei einem Schachbrettmuster. Diese Darstellungsform ist für die menschliche Wahrnehmung am geeignetsten, da Schachbrettmuster für die Augen angenehmer zu betrachten sind. Es ist allerdings auch mit Auflösungseinbußen zu rechnen.

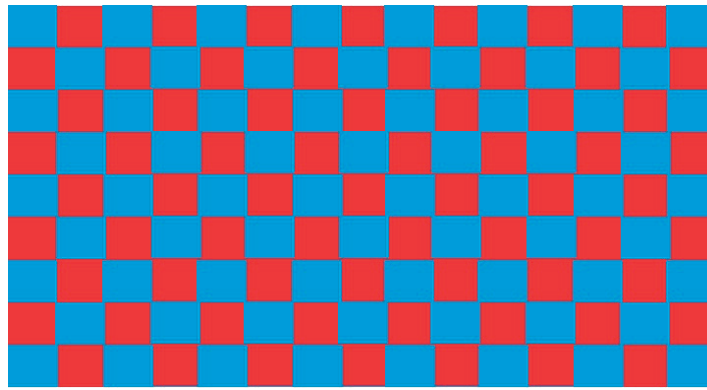


Abbildung 24: Checkerboard-Verfahren

Zusammenfassend zeigt die nachfolgende Tabelle die verschiedenen Stereo-3D-Modi mit deren Vor- und Nachteilen.

Modus	Vorteile	Nachteile
Anaglyph	Einfache Übertragung und Wiedergabe	Übertragung und Darstellung von Farben
Side-by-Side / Over-Under	Einfaches Prinzip, Synchronitätsvorteile	Reduzierung der Auflösung
Line-by-Line	Zeilensprungverfahren kann genutzt werden	Reduzierung der Auflösung
Page-Flipping	Erhaltung der Auflösung	Doppelte Bildrate notwendig
Checkerboard	Synchronitätsvorteile, besserer Bildeindruck	Reduzierung der Auflösung

Tabelle 2: Übersicht der Darstellungsverfahren (aus [TAU10jj])

In den meisten Fernsehgeräten kann zwischen den verschiedenen Darstellungsverfahren ausgewählt werden, da die Geräte nicht automatisch erkennen, welches Verfahren übertragen wird.

## 3 Gestalterische Aspekte

Im Vergleich zu einer 2D-Produktion erfordert die stereoskopische Aufnahme einige weitere Gestaltungsaspekte. Da die richtige Bildsprache derzeit noch in der Entwicklung ist, soll das nachfolgende Kapitel einen Überblick über die wichtigsten, bereits definierten Aspekte zur Bildgestaltung und Schnittrhythmus geben.

### 3.1 Bildgestaltung und Dynamik

Für eine stereoskopische 3D-TV-Produktion sind weniger Kameras erforderlich als bei 2D-Produktionen, dafür muss man besonders auf eine ausgewogene Tiefenstaffelung achten. Außerdem empfehlen sich kurze Zoomfaktoren, um den Tiefeneindruck zu erhalten.

Bei der Bildgestaltung für eine 3D-Produktion behalten wichtige gestalterische Aspekte aus der zweidimensionalen Gestaltung zwar ihre Gültigkeit, allerdings ergeben sich auch neue Regeln und Methoden, sowie Einstellungen, die möglichst vermieden werden sollten, obwohl sie im 2D bereits etabliert sind.

Ein erster Aspekt ist die Wahl des Bildausschnittes. Während im 2D Einstellungsgrößen etabliert sind von der Totale bis hin zur Nahaufnahme oder Detailaufnahme, sollten Einstellungen wie Amerikanische, Halbnah und Nah beim stereoskopischen Aufnehmen von Personen vermieden werden, da sonst der Eindruck entsteht, der halbe Oberkörper des Protagonisten würde aus dem Bild rausspringen und sich somit keine logische Verknüpfung zur Umgebung im 3D Bild ergeben.

Des weiteren bieten flachere Aufnahmen eine bessere Tiefenstaffelung und lassen das Bild viel interessanter aussehen. Was im 2D noch gut funktioniert, kann im 3D relativ schnell langweilig werden. Ein Bild ohne Tiefe enthält auch in 3D keine Tiefe.

Außerdem sollte man darauf achten, mehr weitwinklige Aufnahmen zu zeigen, da auch hier mehr Raum mehr 3D Erlebnis fördert.

Schnelle Schwenks und Zoomfahrten sollten ebenfalls vermieden werden, da es zu einer Überforderung beim Zuschauer kommen kann.

## **3.2 Schnitt**

Beim Schnitt sollte man unbedingt darauf achten, dass nicht zu schnell geschnitten wird. Das Auge und unser Gehirn müssen beim Betrachten dreidimensionaler Bilder viel mehr Informationen wahrnehmen und verarbeiten. Eine zu schnelle Schnittabfolge würde den Zuschauer überfordern und anstrengen. Besonders für 2D-Regisseure und Bildmischer ist dies einer der größten Unterschiede, die ebenso erlernt werden müssen.

## 4 Stereo 3D Produktion

Da sich die von Sony und Element Technica, sowie P+S speziell für die 3D-Anwendungen entwickelten Systeme in der Praxis bewährt haben und eine breite Verwendung in der stereoskopischen Produktion finden, werden diese Geräte im nachfolgenden Kapitel neben Grundlagen im speziellen Erläutert.

### 4.1 Kameras

Im Broadcast-Bereich haben sich viele verschiedene Hersteller und Kameramodelle etabliert. Zusätzlich gilt es eine Unterscheidung zu treffen in Digitale Filmkameras und EB-Kameras. Letztere besitzen in der Regel einen Aufzeichnungsadapter um direkt auf Bändern oder Speicherkarten aufzeichnen zu können. EB steht für die Abkürzung elektronische Berichterstattung.

Eine weitere Gruppe sind die Systemkameras, die über Triax- oder Glasfaseradapter die Kamerasignale direkt zu einer angeschlossenen Regie übertragen.

Unter den digitalen Filmkameras haben sich die Modelle Alexa (ARRI), ONE, Epic und Scarlett (RED) sowie die F35 (SONY) durchgesetzt. Alle zeichnen im 35mm Format mit einem komprimierten DnxHD oder RAW-Daten auf.

Unter den EB-Kameras findet man Modelle der Hersteller SONY, Ikegami, Panasonic, Thomson und JVC, welche die Formate HDCAM, XDCAM, DVC-PROHD, AVCHD und das von SONY und JVT (Joint Video Teams) neu entwickelte XAVC unterstützen. Letzteres ermöglicht eine Aufzeichnung in HD und 4K-Formaten.

So zeichnet die PMW-F55 4K-XAVC-Intra-Frames mit bis zu 600 Mbit/s bei 60p intern auf<sup>13</sup>, welches sich sehr gut für Stereo 3D Aufnahmen eignet und sich neue Möglichkeiten erschließen. Allerdings steht die Entwicklung hier noch am Anfang.

---

<sup>13</sup> Vgl. [FKT13]

Egal für welche Kamera man sich entscheidet, so sollten sie bei einer 3D-Produktion so gleich wie möglich sein. Daher empfiehlt es sich gleiche Kameramodelle zu benutzen, da beide Kameras in all ihren Parametern identisch eingestellt sein müssen.

Die erste Entscheidung die zu treffen ist, ist welcheameratechnik zum Einsatz kommen soll. Da digitale Filmkameras aufgrund ihrer hohen Verarbeitungsgüte und Qualität sehr groß und schwer sind, eignen sich diese Modelle für einige Anwendungen und Rigs nicht wirklich. EB- und Systemkameras bieten aufgrund ihrer vielfältigen Einsetzbarkeit und kompakteren Bauform also einige Vorteile.

Ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl sollte aber die weitere Verarbeitungskette sein. Im Falle einer angeschlossenen Postproduktion, am Beispiel von Kinospielefilmen, sollen bestimmte Looks erzeugt werden. Dafür wird eine viel höhere Farbtiefe benötigt um besserer Ergebnisse in der Farbkorrektur (Colour Correction) oder im Grading zu erzielen. Hier stoßen EB- und Systemkameras schnell an ihre Grenzen um das gedrehte Material voll ausschöpfen zu können.

Für Live Ereignisse wie Konzerte oder Sportveranstaltungen spielt die Postproduktion eher eine zweitrangige Rolle. Daher haben sich diese Modelle dort etabliert.

Da die meisten Veranstaltungen mit einem angeschlossenen Übertragungswagen aufgezeichnet oder live übertragen werden, kommen dort aufgrund ihrer oft langen Kabelwege Systemkameras zum Einsatz. Etabliert haben sich die HDC-Reihe von SONY und die LDK-Serie von GrassValley/Thomson. Je nach Ausführung können die Signale über Triaxkabel oder Glasfaserkabel zum Ü-Wagen übertragen werden.

Somit beantwortet sich also auch schnell die Frage nach dem Format, ob in SD, HD, 2K oder sogar 4K gedreht werden soll. Da SD nicht über die ausreichende Auflösung verfügt, sollte für eine Stereo-3D-Produktion ohnehin davon abgesehen werden. Für den TV-Bereich, für Veranstaltungen und Fernsehspiel Filme bietet sich aufgrund der derzeit üblichen Übertragungsmöglichkeiten und Wiedergabesysteme das HD Format an und 2K

bzw. 4K findet nur in Kinos Anwendung, da dort die Leinwandgrößen und Wiedergabemöglichkeiten bereits vorhanden sind.

Für den Consumerbereich gibt es mittlerweile erste Kameramodelle, die zwei integrierte Objektive enthalten. Diese bieten zwar den Vorteil einfach und schnell stereoskopische Inhalte zu produzieren, allerdings lassen sich die Objektive nicht austauschen um auf bestimmte Anforderungen reagieren zu können.

Außerdem sind die Möglichkeiten der Basis- und Konvergenzveränderung beschränkt bis gar nicht möglich, wodurch sich der 3D-Eindruck nicht optimal auf die vorhandenen Situationen anpassen lässt. Hier muss man sich mit erheblichen Qualitätseinbußen zufrieden geben, wodurch sie sich eher im privaten Heimgebrauch für Freizeitaufnahmen eignen.

#### 4.1.1 Sony HDC-1500

Bei der HDC-1500 handelt es sich um eine Multiformat-HD-Systemkamera, mit einem 2/3" CCD-Sensor für den Einsatz in Studios und Übertragungswagen.



Abbildung 25: Systemkamera HDC-1500 (aus [SON13])

Die HDC-1500 wurde bei den French Open für die 3D-Produktion eingesetzt und wird auch für die Fußball Bundesliga Übertragungen verwendet. Das besondere dieser Kameraserie ist, dass die Informationen über die aktuelle Zoomposition des Objektivs mit übertragen werden können. Diese in das Signal eingebetteten Informationen werden vom Stereoprozessor verwendet, um die Abweichungen der optischen Achse elektronisch zu korrigieren.

Obwohl sich diese Kameras für beide Rig-Arten eignen, sind sie bauformbedingt eher für Spiegel-Rigs als in der Side-by-Side Anwendung einsetzbar.

Eine Besonderheit bietet der Split Adapter, mit dem der Kamerakopf vom Kamerabody getrennt werden kann. Der Stativkopf lässt sich so besser ausbalancieren.



*Abbildung 26: Split Adapter um Kamerakopf vom Body zu trennen (aus [SON13b])*

#### 4.1.2 Sony HDC-P1

In manchen Rigs oder bei speziellen Anwendungen ist der Platz für zwei Kameras sehr begrenzt. Für solch einen Einsatz empfiehlt sich die Benutzung der HDC-P1 Kompaktkamera von Sony (Siehe Abbildung 27).



*Abbildung 27: HDC-P1 Kompaktkamera (aus [SON13c])*



Bei der HDC-P1 handelt es sich ebenfalls um eine Multiformat-HD-Systemkamera mit einer sehr kompakten Bauform und HD-SDI Anschluss, die speziell für die 3D-Anforderungen entwickelt wurde. Im Gegensatz zur HDC-1500 bietet sie auf den ersten Eindruck weniger Einstellmöglichkeiten, welche sich aber über den HDFA unter anderem ebenso vornehmen lassen wie bei der größeren Schulterkamera.

Ebenso können Metadaten übertragen werden. Durch ihre geringe Bauform sind die P1-Kameras besonders für kleinere Rigs geeignet, wie bei Steadicam Konstruktionen (Abbildung 28), bei denen wenig Platz vorhanden und ein leichtes Gewicht gefordert ist.



Abbildung 28: Steadicam mit P+S Freestyle Rig (aus [LIV10])

Ebenso bietet sie Full HD Bilder in höchster Qualität und kann in jede Produktion mit größeren Kameras integriert werden, da sie die gleichen Technologien verwendet.<sup>14</sup>

### 4.1.3 LMP HD 1200

Bei der LMP HD 1200 handelt es sich um eine HD Mini-Kamera der Firma Lux Media Plan mit ebenfalls einem 2/3" CMOS-Sensor, die speziell für den Einsatz als Chipkameras konstruiert wurde. Ihre Vorteile liegen eindeutig in der sehr

---

<sup>14</sup> Vgl. [SON13d]

kompakten und kleinen Bauform, sowie dem geringen Gewicht. Bei Außenübertragungen wird die Kamera oft für kleine Kräne (Polecam) oder Chipkameras im Tor verwendet.

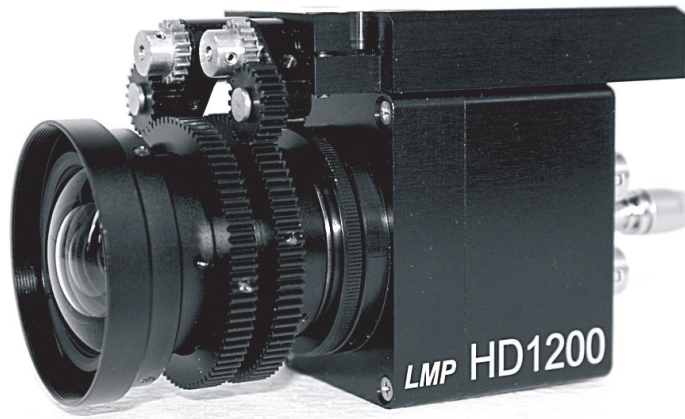


Abbildung 29: LMP-HD-1200 Minikamera (aus [FILM09a])

Über kleine Motoren wird die Blende und der Fokus gesteuert. Die Bedienung wird unterstützt durch eine Remote Fernbedienung, ähnlich eines Remote Control Panels (RCP), mit dem auch die Farbwerte Rot und Blau angepasst werden können.

## 4.2 Rigs

Um zwei Kameras nebeneinander auszurichten, werden spezielle Vorrichtungen benötigt. Diese werden Rigs genannt und gibt es in zwei grundlegenden Ausführungen. Side-by-Side und das Spiegel-Rig. Beide Rigs können auf übliche Stativköpfe installiert werden.

Wichtig bei diesen Rigs ist, dass sie ihre mechanischen Einstellungen nach der Justage nicht mehr ändern, trotz der Möglichkeit die Kameras auf ihnen zu bewegen.

Rigs der Firma Element Technica lassen sich mit der nötigen Peripherie (zum Beispiel Spiegel) zwischen Side-by-Side und Spiegel-Rig umbauen. Daraus

resultiert ein großer Vorteil für den AÜ-Bereich, da sich so individuell auf verschiedene Anforderungen reagieren lässt.

### 4.2.1 Side-by-Side-Rig

Beim Side-by-Side-Rig werden zwei Kameras parallel, also nebeneinander montiert. Eine Schiene ermöglicht, dass eine Kamera sich in der horizontalen Ebene bewegen kann und sich vertikal neigen lässt. Die andere Kamera ist fest auf der Stativplatte montiert.



Abbildung 30: Side-by-Side Rig (aus [FILM10])

Ein großer Vorteil dieses Systems ist die kompakte Bauform und die relativ geringen Kosten. Ein Side-by-Side-Rig ist ebenfalls weniger anfällig auf Beschädigungen als ein Spiegel-Rig. Allerdings können die beiden Kameras aufgrund ihrer Bauform nicht so dicht nebeneinander angebracht werden, dass sich der menschliche Augenabstand präzise nachbilden lässt. Somit ergibt sich der Einsatzbereich hauptsächlich für totale Einstellungen.

### 4.2.2 Spiegel-Rig

Beim Spiegel-Rig wird eine Kamera oben auf dem Rig montiert, während die andere Kamera im 90° Winkel über oder unter der anderen Kamera angebracht ist. Der Nachteil, bei der wie in der Abbildung 31 dargestellten Montage, ist durch die Erdanziehung bedingt. Die untere Kamera ist beim Zoomen stärker

den Erdanziehungskräften ausgesetzt. Daher ist hier eine extrem genaue Justage des Zooms erforderlich. Außerdem wird zwischen beiden Kameras ein halbdurchlässiger Spiegel im 45° Winkel angebracht. Kamera 1 schaut also durch den Spiegel durch, während Kamera 2 das gespiegelte Bild aufnimmt.

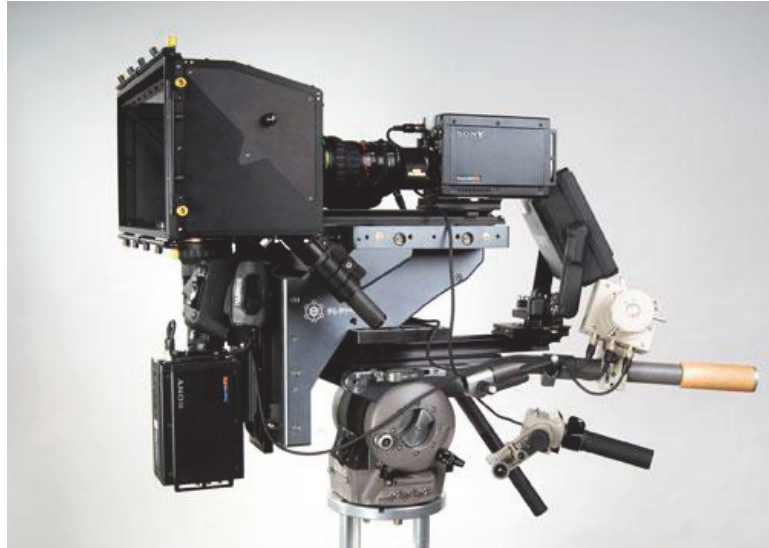


Abbildung 31: Spiegel Rig von Element Technica (aus [CRE10])

Ein großer Vorteil bei diesem Rig ist die Möglichkeit, beide Kameras auch exakt übereinander zu positionieren, wodurch auch sehr nahe Objekte zum Kamerastandort sehr gut im 3D-Bild dargestellt werden können. Die zweite Kamera lässt sich im 90° Winkel von oben oder von unten montieren. Wenn die Kamera von oben aufgebaut wird, lässt sich der Stativkopf weiter nach unten neigen. Manchmal reicht die Deckenhöhe allerdings nicht aus, so dass ein Aufbau von unten erforderlich wird. Im Vergleich zum Side-by-Side-Rig ist hier allerdings ein sehr teurer und aufwendig zu justierender Spiegel notwendig. Es besteht eine größere Bauform und die Gefahr von Beschädigungen ist höher.

### 4.2.3 P+S Freestyle Rig

Für Steadycam Aufnahmen, bei denen es vor allem um ein sehr geringes Gewicht geht, wird häufig das Freestyle Rig der Firma P+S eingesetzt. Die Vorteile bei diesem Rig liegen eindeutig in der sehr kompakten Bauform und dem geringen Gewicht, da alle Teile aus besonders leichten Materialien hergestellt werden. Um die Balance der beiden Kameras zu vereinfachen, handelt es sich um ein Spiegel Rig für die Montage von zwei Kameras.



Abbildung 32: P+S Freestyle Rig zur Montage auf Steadycam System ( aus [INI])

## 4.3 Objektive

Grundsätzlich sind die gängigsten Objektivarten in der stereoskopischen 3D-Produktion möglich. Dabei ist zu unterscheiden in EB-Objektive, Studiozooms und Filmobjektive. Für die stereoskopische 3D-TV-Produktion im Außenübertragungsbereich spielen allerdings nur die sogenannten EB-Objektive eine Rolle, da sie über große Zoombereiche und Zusatzfunktionen verfügen, gleichzeitig relativ leicht und kompakt sind und sich somit für den mobilen Einsatz eignen. Filmobjektive hingegen sind speziell für die Filmanforderungen entwickelt, haben eine sehr hohe Güte und können noch größere Blendenbereiche abdecken. Sie sind erhältlich als Zoomobjektive und Festbrennweiten. Da aber vor allem in der Außenübertragung schnelle

Brennweitenveränderungen vorgenommen werden müssen, ohne jedes Mal das Objektiv neu zu justieren finden diese Objektive höchstens in der 3D Produktion für größere Filmproduktionen Verwendung, wo die finanziellen Mittel bedeutend höher sind und die zeitliche Komponente eine zweitrangige Rolle spielt.

EB-Zoomobjektive haben allerdings keinen linearen Zoomverlauf. Daher ist es notwendig diese Abweichungen mit Hilfe eines Bildprozessors zu korrigieren. Damit beide Objektive synchron in ihrem Zoom-, Schärfe- und Blendenverlauf reagieren, werden diese mit Hilfe eines Bridge Kabels miteinander verkoppelt.

## 4.4 HD Adapter (HDFA)

Beim HDFA handelt es sich um einen HD Adapter (Abbildung 33), der sämtliche Signale von und zur Kamera sowie die gesamte Rigsteuerung verarbeitet. Somit wird die Anzahl der notwendigen Kabel erheblich minimiert und die beiden Kamerasignale werden kombiniert über ein Glasfaserkabel übertragen.

Im Vergleich zu 2D-Produktionen, müssten also zwei Triaxkabel gelegt werden. Desweiteren würden Diagnose und Auswertungssignale fehlen und das Rig ließe sich aufwendiger über eine entsprechende Remote steuern.



Abbildung 33: Sony HD Adapter HDFA (aus [SON13e])



## 4.5 Bildprozessor (MPE-200)

Bei der MPE-200 handelt es sich um einen leistungsstarken Bildprozessor speziell für Stereo-3D-Anwendungen. Alle Einstellungen werden in Echtzeit vorgenommen und verarbeitet. Da die MPE-200 über vier HD-SDI Ein- und Ausgänge verfügt, können bis zu zwei Stereopaare pro MPE bearbeitet werden. Über Ethernet kann der Bildprozessor an jeden Bildmischer der MVS-Serie von Sony zum Austausch von Daten angeschlossen werden.

Da das MPE-200-System von Sony die komplizierten Kamerakorrekturen elektronisch durchführt und somit die Installation und Wartung eines 3D-Rigs deutlich vereinfacht, eignen sich die MPE-200-Systeme besonders für den live Einsatz.



Abbildung 34: MPE-200 (aus [SON13ff])

Mit der Bearbeitungssoftware MPES-3D/01 können die Bilder während der Aufnahme bearbeitet und korrigiert werden.

Dazu bietet das System eine Vielzahl an Diagnosetools einschließlich Tiefenguide, Warnungen und Statistiken. Eine eingebaute Waveform-Überwachungsfunktion zeigt dem Konvergenz-Operator an, ob er sich mit der eingestellten Basis und Konvergenz noch in der geforderten Disparität bzw. Parallaxe befindet, indem Tiefeninformationen ausgewertet werden. Das Wandern der optischen Achse, bedingt durch Fertigungstoleranzen bei Objektiven, lässt sich mittels Keyframes ausgleichen.

Für die Zukunft sollen MPE-200 und die entsprechende Software in den

Kameras und Bildmischern von Sony integriert sein um Bildkorrekturen zu automatisieren und den Wechsel zwischen Inhalten mit unterschiedlichen Bildtiefen weniger unangenehm umzusetzen.<sup>15</sup>

## 4.6 Bildmischer

Beim Bildmischer kommt ein Gerät mit mehreren Mischerebenen zum Einsatz, damit die beiden Kamerasignale zeitlich verkoppelt im Live Betrieb geschnitten werden können. Dazu bietet sich der MVS-8000X von Sony an, der ebenfalls speziell für die 3D-Anwendung weiterentwickelt wurde. Der Mischer ermöglicht den Übergang von 2D-HD-Aufnahmen in 720P und 1080i zur immer gängiger werdenden 3D-Produktion in 1080P bei 3 Gb/s.<sup>16</sup>

Wie eingangs beschrieben, verfügt dieses Gerät über die Möglichkeit, die Stereopaare über eine Taste durch Verlinkung zu mischen. Der Mischer verfügt über 200 Eingänge und 100 Ausgänge, sowie 5 Mischebenen (ME) und ist somit sehr vielseitig einsetzbar.

## 4.7 Aufzeichnung

Für die Aufzeichnung gibt es bandbasierende und filebasierende Formate. Da MAZ-Bänder immer noch eine große Akzeptanz durch die geringe Ausfallrate und einfache Übergabemöglichkeit besitzen, kommt eine MAZ mit Dual Stream Modus zum Einsatz.

Dual Stream bezeichnet in diesem Fall die Möglichkeit, zwei Eingangssignale gleichzeitig auf ein Band aufzuzeichnen. Dazu werden die einzelnen Teilbilder nacheinander über die beiden Inputs der MAZ aufgezeichnet. Beim Auslesen werden die Teilbilder ebenfalls wieder nacheinander ausgespielt und mittels eines Frame Store Synchronizer zeitlich synchronisiert wiedergegeben.

---

<sup>15</sup> Vgl. [SON13f]

<sup>16</sup> Vgl. [SON13g]



## 4.8 Videoserver

Videoserver können zur Aufzeichnung benutzt werden, in der Regel findet sich der Haupteinsatz allerdings bei den Slow-Motions wieder. Dazu haben sich die Geräte der Firma EVS bei den meisten Übertragungswagenfirmen etabliert. Die Geräte, die ebenfalls umgangssprachlich EVS genannt werden, können mehrere Videostreams gleichzeitig in einer fortlaufenden Schleife aufnehmen. Bei besonderen Spielsituationen, kann der Slow-Motion-Operator über setzen von In- und Out-Punkten eine Stelle markieren und für die Wiederholung vorbereiten. Auf Anforderung des Regisseurs werden dann ausgewählte Spielmomente wiederholt oder als Zeitlupe abgespielt. Da jede EVS mehrere Kanäle aufzeichnen kann, werden für 3D-Anwendungen die beiden Videostreams eines Kamerapaares verkoppelt aufgezeichnet und zeitgleich abgespielt. Es besteht daher nach erfolgter vorheriger Konfiguration kein großer Unterschied zu einer 2D-Produktion.



Abbildung 35: EVS Controller (aus [FILM13b])

## 4.9 Grafiken

Da Grafikeinblendungen ebenfalls im Raum positioniert werden müssen, ist vor allem darauf zu achten, dass sie keine anderen Objekte die räumlich vor der Grafik liegen verdecken, da so widersprüchliche Tiefenhinweise entstehen würden.

Für einfache 2D-Grafiken wird diese einfach weit genug vor der Bildschirmoberfläche eingebaut. Dies bedeutet, dass keine anderen Objekte des Bildes weiter vorn liegen dürfen. Daher achtet man bei Fußballproduktionen vor allem darauf, dass das nächste Objekt vor der Kamera so konvergiert wird, dass es sich auf der Bildschirmoberfläche befindet. Alle Einblendungen und Grafiken liegen dann davor und der 3D-Eindruck wird nicht zerstört.

Bei komplizierteren 3D-Grafiken muss vor allem bei den Kameraeinstellungen auf die Anordnung der Objekte im Bild geachtet werden.

## 5 Praxisbericht zur 3D-TV Produktion „1. Fußball Bundesliga“

Die Firma Sportcast ist der verantwortliche Dienstleister für die Übertragung der Fußball Bundesliga und definiert seit ein paar Jahren die 3D-Umsetzung bei Fußballspielen (siehe Abbildung 36).

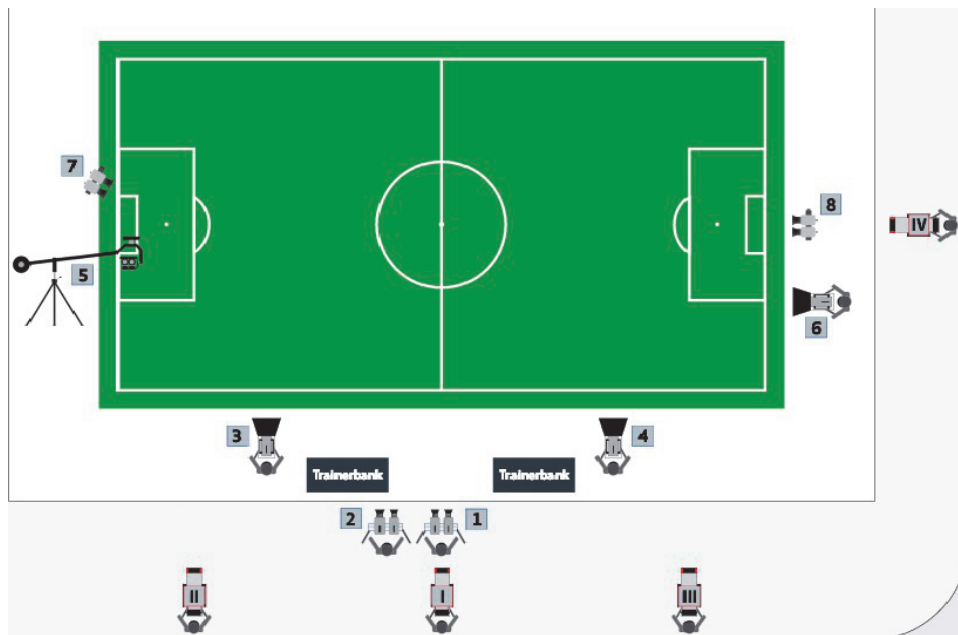


Abbildung 36: Kamerakonzept S3D 6+0+2 (aus [SPO13])

Beim 3D-Kamerakonzept erfolgt die Führung über Kamera 1. Die Kamera 2 fängt nähere Bilder ein und fungiert zusätzlich als Backup für die Kamera 1. Auf den flachen Positionen wird unter anderem eine Polecam eingesetzt. Dazu wird jeweils hinter dem Tor eine Chipkamera platziert. Ergänzend können vier konvertierte Signale aus der 2D-Produktion ins Basissignale eingebunden werden.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Vgl. [SPO13]

Kamera	Standort
Kamera 1	3D / Führung, Mitte hoch
Kamera 2	3D / Führung nah, Mitte hoch
Kamera 3	3D / 20-25m flach links
Kamera 4	3D / 20-25m flach rechts
Kamera 5	3D / Hintertor, flach links, Polecam
Kamera 6	3D / Hintertor, flach rechts, Höhe 16m Linie
Kamera 7	3D / Hintertor, flach links, Reverse, Chips
Kamera 8	3D / Hintertor, flach rechts, Mitte, Chips
Kamera I	2D / Führung Mitte hoch
Kamera II	2D / 16m hoch links
Kamera III	2D / 16m hoch rechts
Kamera IV	Hintertor, hoch rechts

Tabelle 3: Aufteilung und Bezeichnung Kameras (aus [SPO13])

Diese vier Kamerasignale werden mit Hilfe eines Bildprozessors konvertiert und in das 3D-Basissignal mit einbezogen. Eine Up-Konvertierung wird auch bei den redaktionellen Anteilen einer Fußball-Live-Berichterstattung angewendet und funktionieren problemlos, da hier relativ ruhige Bildkompositionen vorhanden sind. Um ein ausgewogenes 3D-Bild zu erzeugen, werden eher konservative, flache Einstellungen mit einem leichten 3D-Effekt gewählt.<sup>18</sup>

Kameras am Spielfeldrand werden mit Spiegel-Rigs aufgebaut, da sie sehr nah an den Spielern stehen und somit einen besseren 3D Eindruck vermitteln. Längere Brennweiten größer 22-fach werden in der Regel nicht verwendet, da der Eindruck von Tiefe bei der weitwinkligen Arbeit sonst verloren geht. Die Führungskameras werden im Gegensatz zur zweidimensionalen Produktion ebenfalls weiter unten, also flacher zum Spielfeld für eine bessere Tiefenstaffelung auf Side-by-Side-Rigs aufgebaut.

---

<sup>18</sup> Vgl. [FKT11]

Für vertikale Schwenks werden hinter dem Tor zwei LMP-1200 Kameras auf einem Miniatur-Side-by-Side Rig auf einem Leicht-Kran (Polecam) installiert.



Abbildung 37: LMP-HD1200 Kameras im Polecamsystem (aus [PRO12])

## 5.1 Aufbau der Kameras

Nachdem eine geeignete Position des 3D-Rigs im Stadion ermittelt wurde, wird das Stativ so aufgestellt, dass es komplett in Waage steht. Als nächstes erfolgt die Montage der Schwenkarme für Zoom und Schärfe. Nachdem der HDFA aufgeschoben wurde, werden die Rigs am Stativ angebracht. Gegebenenfalls erfolgt auch die Montage des Spiegels.

Im nächsten Schritt werden die Kameras, die das linke und rechte Auge bilden montiert.

Nachdem die gesamte Verkabelung für Zoom, Fokus, Optik Synchronisation, Rigsteuerung und Spannungsversorgung durchgeführt wurde, ist es nun von großer Bedeutung, dass die Sicherung aller Kabel und Prüfung auf ausreichend Spiel in Verbindung mit den beweglichen Komponenten sichergestellt ist. Denn im Vergleich zu einer 2D-Produktion bewegt sich eine Kamera physisch auf dem Rig in horizontaler und vertikaler Richtung.

Als nächstes erfolgt die Rig-Erstprüfung auf Spannungsversorgung und Signalprüfung (gespiegelte Signale, Schlieren, Nachziehen durch fehlerhafte Synchronität, etc.).

Die Kameras müssen den gleichen Abstand zum Objekt haben und sollten eine Linie bilden. Dazu können beispielsweise die Gehäusekanten verglichen werden.

Die mechanischen Endpositionen der steuerbaren Kamera muss überprüft werden. Die Objektive sollen sich nicht berühren.

Nachdem der Einbau der Kameras erfolgt ist, muss auf ausreichend Abstand zwischen Optik und Spiegel geachtet werden.

Als nächstes erfolgt die Kontrolle der verschiebbaren Gehäuseblende für die obere Kamera auf korrekten Sitz und Lichtundurchlässigkeit. Die obere Kamera wird auf ihre Nullposition gebracht, für einen späteren mechanischen Reset des Rigs.

Für einen funktionierenden 3D-Eindruck ist es vor allem im Broadcast Bereich von erheblicher Bedeutung, dass der Zoom und die Schärfe von beiden Kameras exakt identisch ausgeführt wird. Nichts wirkt störender, wenn eine Kamera beim Zoom schneller den Brennweitenbereich ändert als die zweite Kamera. Somit würden sich zwei unterschiedliche Bildausschnitte ergeben, die das 3D-Bild zerstören. Ebenso verhält es sich mit der Schärfe. Man stelle sich vor, eines unserer Augen sieht ein scharfes Bild, während das andere Auge ein unscharfes Bild wahrnimmt. Auch hier wäre der 3D-Eindruck gestört und das Bild wäre unbrauchbar.

## **5.2 Bild- und 3D-Technik**

Nachdem die Kameras an ihren jeweiligen Standort aufgebaut wurden, wird die bildtechnische Kontrolle durchgeführt. Dazu gibt es mehrere Einstellungen, die überprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen. Diese Überprüfungen werden von dem für das Rig verantwortlichen Kovergenz-Operator durchgeführt.

### 5.2.1 Auflagemaß

Als erstes muss das Auflagemaß für jede Kamera überprüft werden. Da vor allem bei einer Produktion mit einem Übertragungswagen ständig die Objektive an- und abmontiert werden, muss dieser Vorgang vor jeder Produktion durchgeführt werden.

Dazu fängt man mit einer Kamera an und sucht sich einen Punkt im Stadion, auf dem man die Schärfe sehr gut beurteilen kann. Dies können Kanten der Bande sein, Stative oder das Tornetz.

Im Studiobetrieb werden in der Regel Siemenssterne benutzt, (Abbildung 38) da auf ihnen eine optimale Beurteilung des schärfsten Punktes möglich ist. Im AÜ-Bereich lässt die zeitliche Komponente nicht zu, bei jeder Kamera an den geeigneten Positionen Siemenssterne aufzubauen.

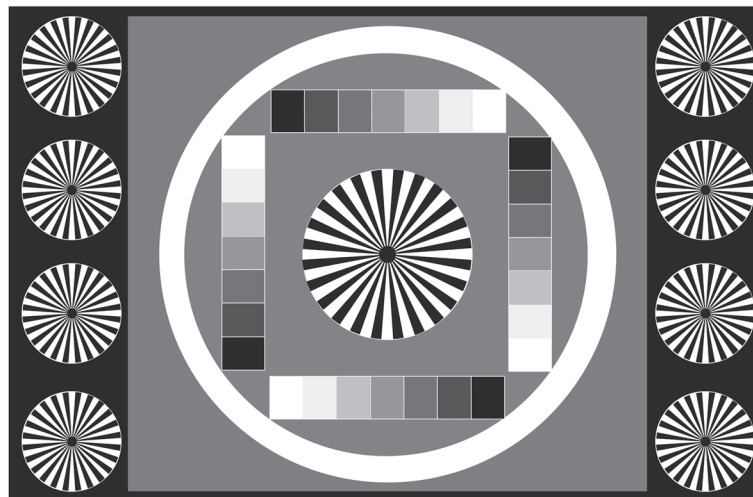


Abbildung 38: Testtafel mit Siemensstern (aus [ARS13])

Hat man maximal an den Siemensstern gezoomt, stellt man die Optik so ein, dass sie in allen Bereichen die maximale Schärfe erreicht hat. Danach wird in den Weitwinkelbereich gezoomt und überprüft, ob das Gesamtbild immer noch scharf ist. Sollte dies nicht der Fall sein, wird am Auflagemaßrad gedreht, bis das Bild wieder die volle Schärfe erreicht hat. Zur Überprüfung zoomt man wieder auf den Telebereich. Ist das Bild an dieser Brennweitenposition immer

noch scharf, ist das Auflagemaß für die erste Kamera eingestellt. Diesen Vorgang wiederholt man mit der zweiten Kamera im Rig.

### 5.2.2 L/R-Identifikation

Bei der L/R-Identifikation geht es darum sicherzustellen, dass die linke Kamera wirklich die linke Kamera ist und die rechte eben die rechte Kamera. Dies kann vor allem bei den Spiegel-Rigs zu Verwirrung führen. Wie aber in den Kapiteln davor beschrieben, erfolgt die Zuordnung in der weiteren Signalkette nicht über oben und unten sondern immer über linkes und rechtes Bild. Daher ist es von besonderer Bedeutung, dass alle Beteiligten wissen, welche Kamera gemeint ist, wenn von der linken Kamera gesprochen wird. Wie bei den Wiedergabesystemen wird die Darstellung mit dem linken Bild begonnen. Ein anderes Beispiel zur Verdeutlichung ist die Notwendigkeit in der Bildtechnik. Da bei Spiegel-Rigs eine Kamera durch einen halbdurchlässigen Spiegel schaut und die andere Kamera das durch den Spiegel umgelenkte Bild aufzeichnet, kann es durch dieses Verfahren zu Farbverfälschungen kommen. Die Bildtechnik muss auf solche Differenzen reagieren und schnell die richtige Kamera anpassen.

### 5.2.3 Bildausschnitt

Da die Kameras und Objektive durch ihre Fertigungstoleranzen Unterschiede im Bildausschnitt besitzen können, muss sichergestellt werden, dass beide Kameras exakt das gleiche Bild zeigen. Dieser Vorgang wird Scaling genannt und korrigiert den minimalen Brennweitenunterschied von zwei Objektiven. Leichte Differenzen können zwar von der MPE-200 korrigiert werden, allerdings sollte man versuchen immer das beste, angepasste Bild für die Korrektur zur Verfügung zu stellen.

Für diesen Vorgang gibt es in den neueren, für 3D geeigneten Objektiven ein Menü um diese Korrekturen vorzunehmen. Dazu werden die Tele-, Mitte- und Weitbereiche der Objektive verglichen und auf Unterschiede überprüft. Dazu eignet sich das von der MPE-200 zur Kamera zurückgeschickte Differenzbild (Abbildung 39), da Unterschiede hier sehr gut zu erkennen sind.





Abbildung 39: Differenzbild aus der MPE-200

### 5.2.4 Meta-Daten für MPE-Auswertung

Neuere Objektive für den 3D Einsatz erzeugen permanente Metadaten über Zoomposition, Fokus und Blendenwerte, die über ein Glasfaserkabel zur MPE-200 übertragen werden. Die Software vergleicht die Werte der beiden Kameras beziehungsweise Objektive und kann diese gegebenenfalls korrigieren, falls Abweichungen auftreten sollten. Diese Abweichungen können sich durch Fertigungstoleranzen oder Ausdehnung bei Temperaturschwankungen ergeben. Abbildung 40 verdeutlicht vereinfacht die Signalkette für die Arbeit mit der MPE-200.

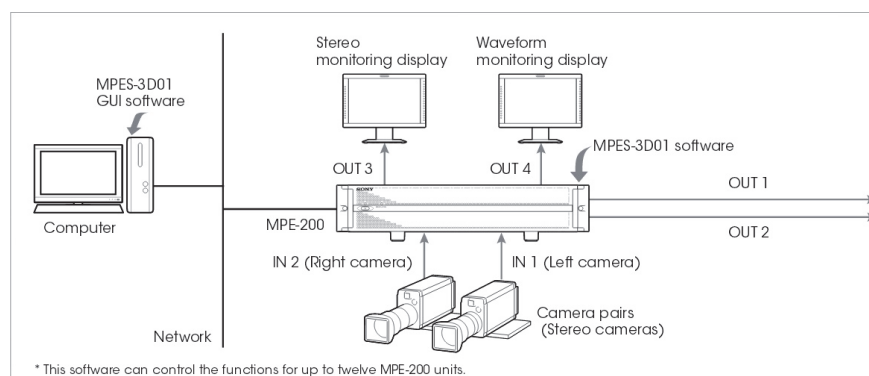


Abbildung 40: MPE-200 Systemdiagramm (aus [SON12])

Ein weiterer Aspekt ist die physische Justage auf einem Rig. Sind alle Parameter überprüft und angepasst, wird eine Kamera auf dem Rig mittels Schrauben festgezogen. Bei Bewegungen der Rigs können sich die Schrauben wieder etwas lösen und es kommt zu Veränderungen in der interaxialen Distanz, dem Abstand der optischen Achsen beider Kameras.

### 5.2.5 Rigsteuerung

Beim Side-by-Side-Rig sowie beim Spiegel-Rig, wird eine Kamera fest montiert, während die zweite Kamera auf einer beweglichen Vorrichtung angebracht wird, damit Basis und Konvergenz verändert werden können während der Aufnahme. Die Signale zur Ausführung dieser Bewegungen werden vom Konvergenz-Operator mit Hilfe eines Remote Controls (Abbildung 41) über das Glasfaserkabel zum HDFA geschickt, welcher diese in die Bewegungen für Konvergenz und Basis zum Rig weitergibt und umgesetzt werden.



Abbildung 41: Element Technica Handcontroller (aus [ELE13])

### 5.2.6 Optical Alignment

Beim Optical Alignment geht es um die genaue optische Ausrichtung der Objektive zueinander. Dazu verwendet man eine spezielle Messtafel (Abbildung 42) oder sucht sich im Stadion einen Fixierungspunkt.

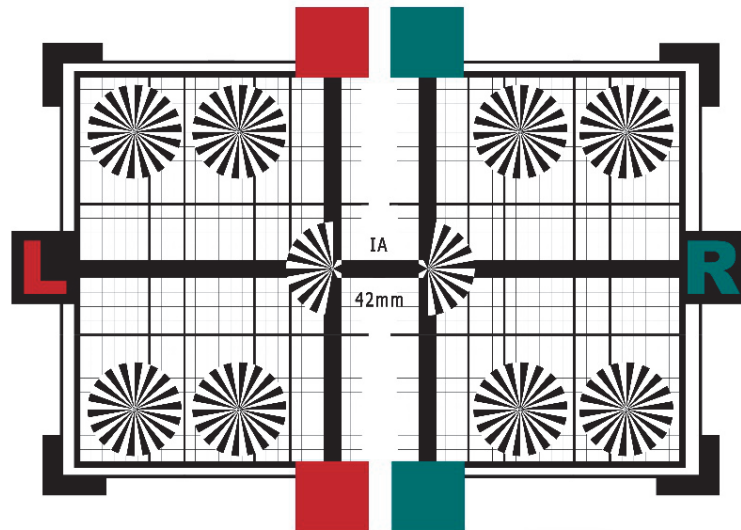


Abbildung 42: Messtafel für Optical Alignment (aus [KAM13])

Das Optical Alignment wird durchgeführt um zu überprüfen, ob und wie der Mittelpunkt beim Zoomvorgang verläuft, also ob sich die optische Achse beim Verändern der Brennweite ändert. Abbildung 43 verdeutlicht dieses Wandern visuell.

Dabei wird bei der linken Kamera versucht den Zoomvorgang in seinem Zentrum zu linearisieren. Dazu werden in der Software der MPE-200 zu bestimmten Brennweiten Zoompunkte, sogenannte Keyframes gesetzt. Dadurch kann der Mittelpunkt an jedem einzelnen Keyframe neu positioniert werden. Durch den permanenten Austausch der Meta Daten korrigiert die MPE-200 entstandene Zoomfehler, so dass sich das Zentrum beim Zoomvorgang nicht verschiebt während der Aufnahme. Den gleichen Vorgang führt man anschließend für die zweite Kamera aus.

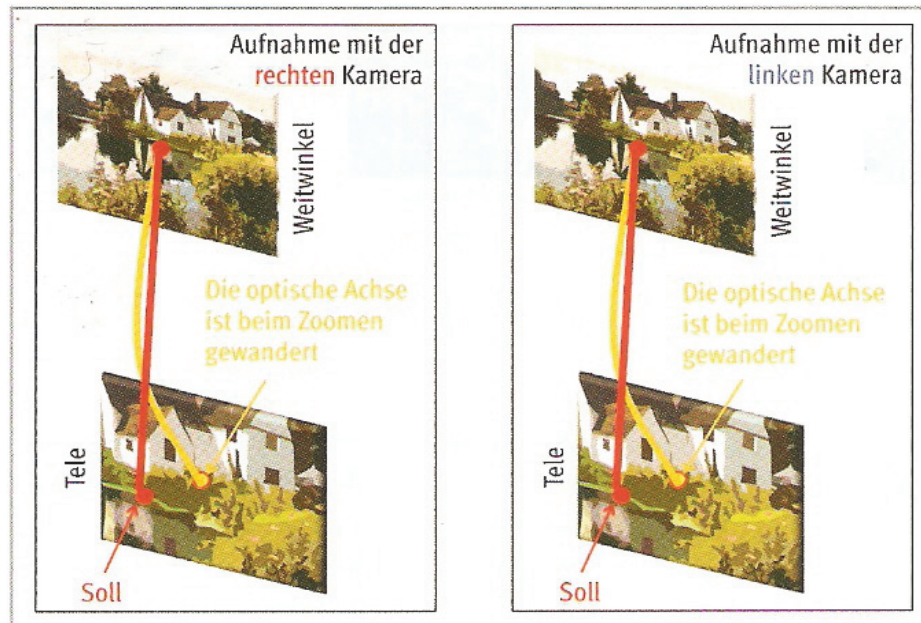


Abbildung 43: Wandern der optischen Achse (aus [FKT13b])

Im Anschluss wird geprüft, ob beide Kameras einen Versatz zueinander haben. Falls dies der Fall ist, werden die Keyframes so zueinander verschoben, dass der Zoomverlauf bei beiden Objektiven identisch ist.

Ein weiterer Punkt des Optical Alignments ist die Kontrolle der Schärfe. Dafür muss der Fokus im Nah- und Fernbereich für beide Kameras identisch sein.

Als ersten Schritt zoomt man mit der Fokusmasterkamera auf die Maximumposition und passt die Schärfe der Slavekamera an die Masterkamera an. Da beide Kameraobjektive schon über das Bridge-Kabel miteinander verbunden sind, würde man beim Drehen am Fokusregler auch die Schärfe der Masterkamera verändern. Um dies zu vermeiden, werden sämtliche Änderungen immer in dem jeweiligen Objektivmenü vorgenommen. Dafür gibt es diverse Unterpunkte, bei denen sich leichte Differenzen korrigieren lassen. Die Anpassungen werden im Nah- und Fernpunkt durchgeführt, damit die Schärfe bei beiden Objektiven über den gesamten Brennweitenverlauf immer exakt gleich ist.

Wie eben erläutert, dürfen die Änderungen nur an der jeweiligen Slave Kamera durchgeführt werden. Doch woran erkennt man, welche Kamera die Master- und welche die Slavekamera ist? Die Begründung ist relativ einfach und physikalisch bedingt.

Bei einem Spiegel-Rig ist immer die Kamera die Masterkamera, die im 90° Winkel zur anderen Kamera hängt, also das abgelenkte Spiegelbild aufzeichnet. Die Mechanik in den Objektiven ist bei dieser Kamera stärker den Erdanziehungskräften ausgesetzt und somit träger im Zoom- und Schärfenantrieb. Wird diese Kamera als Masterkamera definiert, muss die jeweils andere Kamera sich als Slave dem Motorverhalten (Geschwindigkeit) anpassen. Beim Side-by-Side-Rig wird die linke Kamera als Masterkamera definiert und die rechte Kamera als Slave.

Als letzten Schritt muss die Kamera auf dem beweglichen Teil des Rigs mit vier Schrauben so fixiert werden, dass sich alle vorgenommenen Einstellungen nicht mehr verändern. Besonders beim Festziehen der Schrauben wirken erneut Kräfte auf das Gehäuse der Kamera, wodurch sich der Bildausschnitt in der horizontalen und vertikalen Achse leicht verändern kann. Je nachdem wie stark eine Seite angezogen wird, kann man sich leicht vorstellen, dass hier Verschiebungen stattfinden können. Daher ist vor allem bei dem letzten Arbeitsschritt der Vorbereitungen viel Erfahrung und Gefühl gefragt. Mit jeder der vier Schrauben kann man gegen die Veränderungen der anderen Schrauben gegen wirken und manchmal kann dieser letzte Vorgang länger dauern als das gesamte Optical Alignment.

Der Stereographer, verantwortlich für den 3D-Eindruck nimmt jedes Rig und Alignment vor Produktionsbeginn ab.

### **5.2.7 Kameraabgleich**

Beim Kameraabgleich, auch Matching genannt, werden alle Kameras durch einen Bildtechniker in der Technikregie in ihren Farben aufeinander abgeglichen. Der sogenannte Schwarz- und Weißabgleich ist dabei die erste und wichtigste Vorgehensweise. Dazu wird eine möglichst weiße Fläche bildfüllend von der Kamera abgebildet. Auf dieser weißen Fläche können dann über ein RCP (Remote Control Panel) die Farben Rot, Grün und Blau so verändert werden, dass die Fläche 100% weiß aufweist. Nachdem alle Kameras auf diese Art vorbereitet wurden, wird von jedem Standort eine Totale Einstellung zum Vergleichen des Abgleiches gezeigt. Sollte es hier vereinzelt

farbliche Differenzen geben, werden diese mit den eben beschriebenen Farbgreglern versucht auszugleichen.

Auch während eines Spieles kann es erneut zu Farbveränderungen kommen. Ursache sind das Einschalten von Flutlicht oder starke Veränderungen der Lichtstimmung von Sonne zu Schatten oder Hell zu Dunkel, wenn ein Spiel bis in die späten Abendstunden andauert. In diesem Fall muss der Bildtechniker während des Spiels seine Kameras immer wieder angleichen und farbkorrigieren. Eine weitere Aufgabe des Bildtechnikers während des Spiels ist die Blendensteuerung, damit die Bilder zueinander alle die gleiche Helligkeit aufweisen. Dies ist besonders dann wichtig, wenn eine Spielfeldhälfte sich in der Sonne und die andere im Schatten befindet.

### **5.2.8 Convergence Operating**

Konvergenz-Operatoren sorgen für eine korrekte Stereo-3D-Wirkung über das Steuern des Rigs beziehungsweise der Basis- und Konvergenzveränderung.

Durch Veränderungen der Brennweite durch den Kameramann, um auf den Spielverlauf zu reagieren, verändert sich auch die Parallaxe. Diese wird dann in Echtzeit vom Operator korrigiert. Daher gibt es für jedes Kamerapaar eine MPE-200 um unterstützend Korrekturen elektronisch vorzunehmen und jeweils einen Konvergenz-Operator.

Der Stereographer verhindert Sprünge in der Parallaxe beim Umschnitt zwischen den Kamerapositionen durch den Regisseur und bestimmt, wie stark die Räumlichkeit im Bild ausgeprägt sein soll. Somit stellt der Stereographer eine Art 3D-Regisseur dar. Dieser gibt Anweisungen an die Konvergenz-Operator, auf die diese reagieren müssen.

Während des live Operatings stehen dem Konvergenz-Operator verschiedene Softwaretools zur Verfügung. Zum einen gibt es das Differenzbild, bei dem die beiden Teilbilder übereinander dargestellt werden und die Unterschiede zwischen den beiden Kamerabildern anzeigt. Zur Vereinfachung kann ein Histogramm hinzugefügt werden (Abbildung 44), das die Disparität farblich innerhalb der definierten Grenzen (Zwischen 0 und -2) anzeigt. In diesen



Grenzen soll das Bild für eine TV-Produktion mit Hinblick auf die Basis konvergiert werden, damit der Raum nicht in die unendliche Tiefe rutscht.



Abbildung 44: MPE-200 Softwareansicht (aus [ITB13])

## 5.3 2D-Konvertierung

Bei einer 2D zu 3D-Konvertierung, werden Bilddaten über einen Algorithmus ausgewertet und einzelne Objekte durch monoskopische Hinweise, wie die Verdeckung, erkannt und freigestellt. Bei bewegten Bildern können zusätzlich Tiefeninformationen durch Auswertung der Bewegungsparallaxe ermittelt werden.<sup>19</sup>

Bei der Fußball Bundesliga werden die 2D-Signale von bis zu vier Kameras für das 3D-Basissignal konvertiert.

Da für Anmoderationen oder Studiosituationen mit einem sehr leichten 3D-Effekt gearbeitet wird, bieten sich besonders die dort zum Einsatz kommenden Kamerasignale für eine Konvertierung an.

<sup>19</sup> Vgl. [TAU10k]

Das Umrechnen übernimmt in diesem Fall ebenfalls eine MPE-200 mit der entsprechenden Konvertierungssoftware MPES-2D3D1.

Die konvertierten Signale werden anschließend über zwei Leitungen, für rechtes und linkes Bild wieder ausgegeben und der Signalkette (Bildmischer) zugeführt.

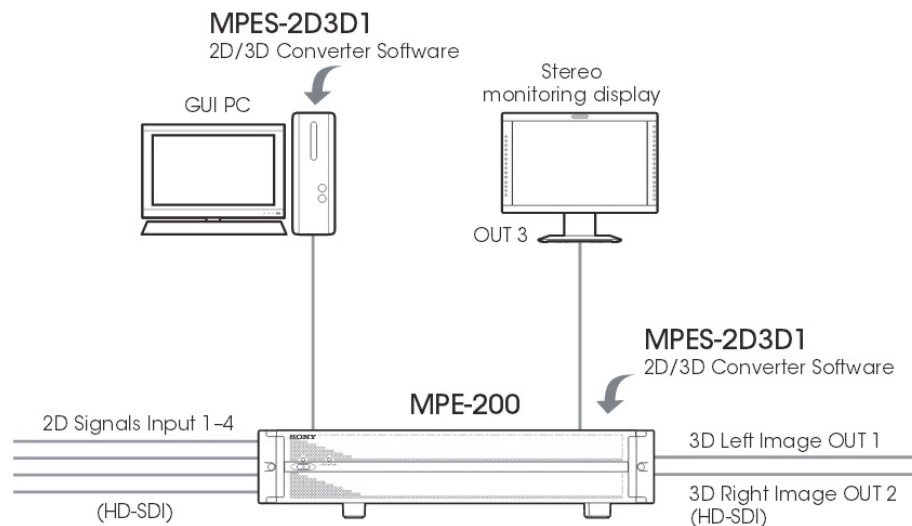


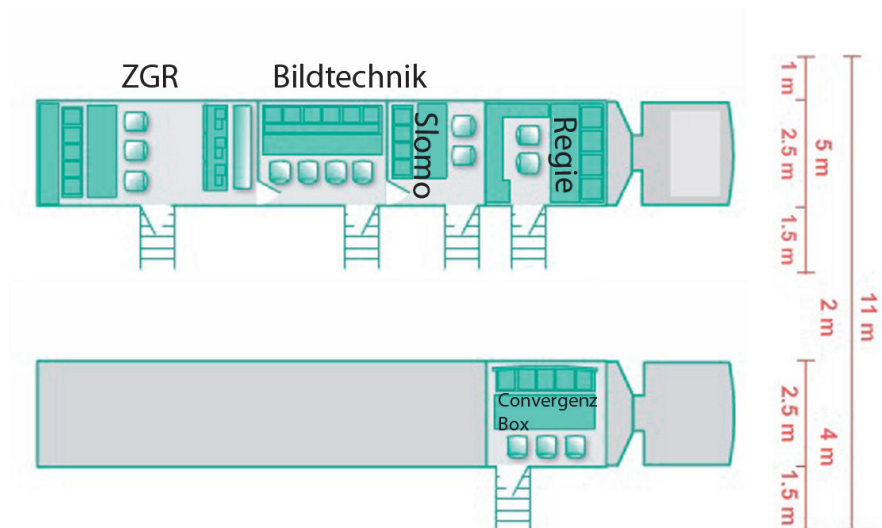
Abbildung 45: 2D Konvertierung Systemdiagramm (aus [SON11])

## 5.4 Übertragungswagen

Da ausgewählte Bundesligaspiele in 3D, sowie in 2D produziert werden, sind auch zwei Übertragungswagen notwendig, da wie im Kapitel 3 beschrieben für 3D eine andere Bildsprache erforderlich ist, wird auch eine separate Regie notwendig. Abbildung 46 zeigt eine mögliche Aufteilungen in einem Übertragungswagen und macht erneut die Aufwände deutlich. In dem zu jedem Übertragungswagen zugehörigen Rüstwagen wird das benötigte Equipment wie Kameras, Rigs, Stative, Objektive und Zubehör transportiert. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit in den abgetrennten Bereichen weitere Gewerke entsprechend der Anforderungen unterzubringen. Jeder Wagen ist über Glasfaser und Multicorekabel für den Signalaustausch miteinander verbunden.



3D



2D

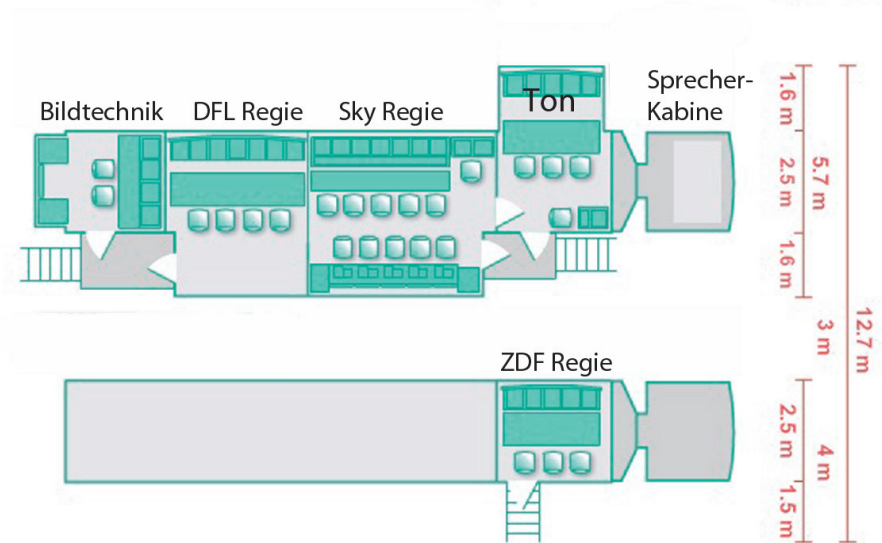


Abbildung 46: Mögliche Aufteilung im Ü-Wagen (aus [TOP13])

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Eine 3D-Produktion zusätzlich zu einer HD-Produktion verdoppelt den Aufwand und treibt die Kosten in die Höhe. Daher wurden schon zeitnah auch konventionelle 2D-Kameras eingesetzt, die mit Hilfe eines Bildprozessors hoch konvertiert und anschließend in das 3D-Signal einbezogen wurden. Da es dabei allerdings zu Bildfehlern kommen kann, sollte dies eine Notlösung sein.

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist der aktuelle Standard für eine 3D-Produktion bei der 1. Fußball Bundesliga mit sechs 3D-fähigen Kamerasetups zu arbeiten. Das bedeutet, dass an jeder dieser Positionen die doppelte Anzahl an Kameras vorhanden sein muss. Wir sprechen also von 12 Kameras. Zusätzlich wird ein entsprechendes Rig benötigt, ein HD-Adapter um die beiden Kamerasignale über ein Glasfaserkabel zu transportieren und mehrere Bildprozessoren, um die Signale zu verarbeiten und eventuelle Fehler zu korrigieren. Ebenso einen 3D-fähigen Bildmischer und die nötigen RCP's. Zusätzlich gibt es bei jeder Produktion einen Stereographer, den 3D Regisseur, und für jedes Kamerapaar einen Konvergenz-Operator für die Bedienung von Basis und Konvergenz.

Neben all diesen Komponenten darf man die Personalien für die 2D-Übertragung sowie die nötige Technik ebenfalls nicht vernachlässigen. Für ein 3D-Topspiel der 1. Fußball Bundesliga ergeben sich somit 40 Kameras. Solch eine Produktion ist also zum jetzigen Zeitpunkt mit extrem hohen Kosten verbunden.

In der Saison 2010/2011 wurde jeweils das wöchentliche Top Spiel der Bundesliga in 3D auf dem Pay TV Sender Sky übertragen. In der Saison 2012/2013 war es kostenbedingt nur noch jeweils ein Top Spiel pro Monat.

Auf der Programmanbieterseite hat sich das Interesse an 3D-Inhalten stark minimiert. Ebenso gibt es immer noch zu wenig Inhalte in 3D, wie die nachfolgende Grafik verdeutlicht. Obwohl es sich dabei um den Stand 2010 handelt, haben wir in Deutschland bislang keinen weiteren 3D-Sender im Free-TV und auch die Anzahl erhältlicher Blue Ray Filme hat sich nicht nennenswert vergrößert. Hier ist also ein eher zurückhaltender Markt zu beobachten. Im Spielbereich gibt es zwar eine große Auswahl an dreidimensionalen Inhalten, bisher aber nur

in Verbindung mit einer 3D-Brille, die in den meisten Fällen als unangenehm empfunden wird.

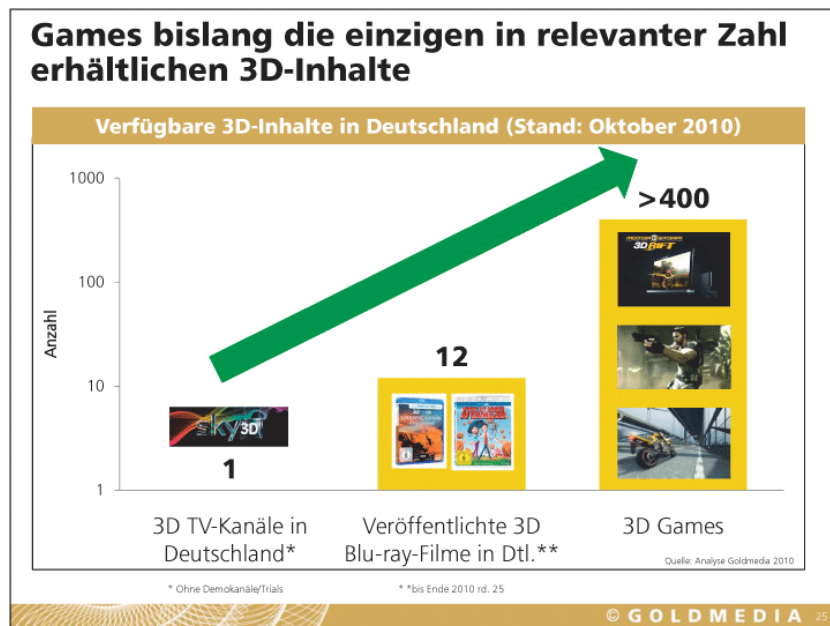


Abbildung 47: Verfügbare 3D-Inhalte in Deutschland (aus [FILM10b])

Die nötigen Endgeräte sind zwar mittlerweile in den deutschen Haushalten vertreten, allerdings sind die meisten Inhalte nur über Sky zu empfangen, was weitere Kosten beim Verbraucher verursacht und sich die Akzeptanz daher auch in Grenzen hält.

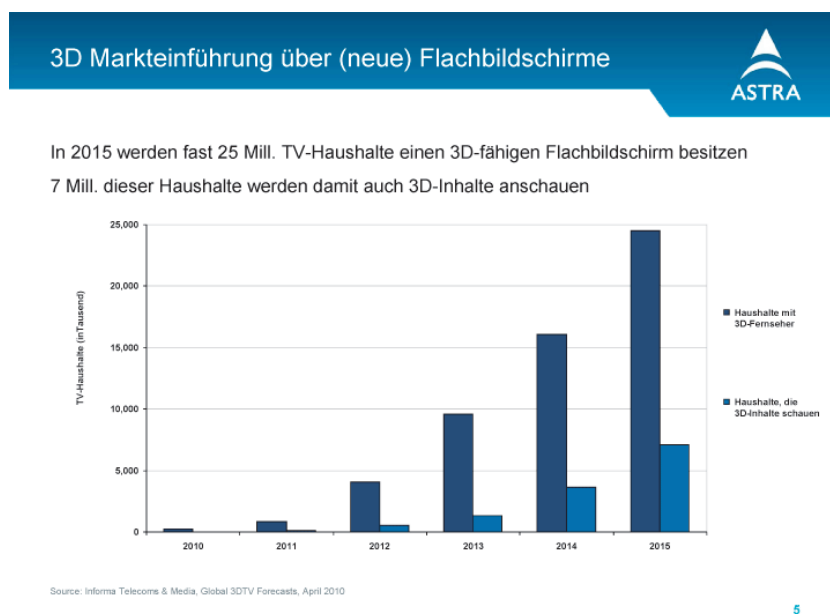


Abbildung 48: Übersicht der Haushalte mit 3D-fähigen TV-Geräten (aus [FIL-M10c])

Obwohl auf der NAB 2012 noch relativ viele Firmen mit diversen 3D-Lösungen und Geräten vertreten waren, war das Thema Stereoskopie bei der NAB 2013 schon fast gar nicht mehr wahrzunehmen. Nach dem anfänglichen Hype ist das Thema wieder in der Nische verschwunden.

Als Hauptproblem sei die Benutzung von Brillen zu nennen. So lange, wie autostereoskopische Inhalte nicht der Standard in deutschen Haushalten sind, wird es sich bei 3D immer um eine Randerscheinung handeln und keinen großen Einzug in die deutschen Haushalte stattfinden. Viel eher findet 3D zu großen Veranstaltungen wie der Fußballweltmeisterschaft in großen Kinos als besonderes Sehereignis statt.

Aber auch in der Kinospieldproduktion ist bisher ein Rückgang der Besucherzahlen zu verzeichnen. Die Abbildung verdeutlicht, wie stark die Einnahmen aus 3D-Versionen am Eröffnungswochenende abgenommen haben.

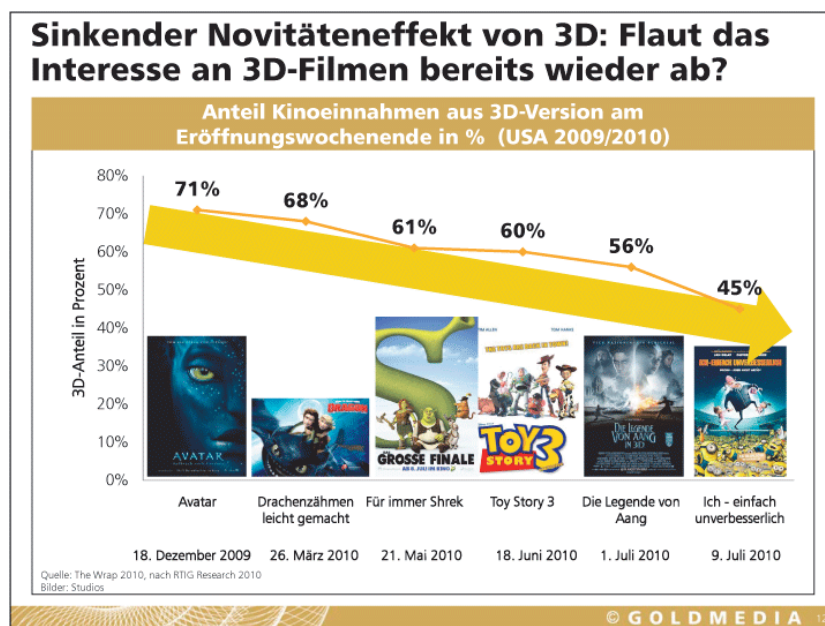


Abbildung 49: Kinoeinnahmen aus 3D-Versionen (aus [FILM10d])

Die Zuschauer wollten sehen, was dieses 3D ist und kann. Avatar hat sämtliche Rekorde gebrochen. Mittlerweile haben die Menschen sich satt gesehen und der Fokus bei Filmen wird zurückgeführt auf die Inhalte.

Denn es ist eine Tatsache, dass der Zuschauer in erster Linie von der Story überzeugt werden soll und nicht von einer Effekthascherei.

Der Bezahlsender Sky Deutschland hat mittlerweile 3,4 Millionen Kunden.<sup>20</sup>

Die Zahl der sogenannten Premium-HD-Kunden stieg um mehr als 60 Prozent auf 974.000.<sup>21</sup> Somit ist es also fast einer Million Kunden möglich, die 3D-Inhalte von Sky zu nutzen, da diese allen Premium-HD-Kunden zur Verfügung stehen. Bleibt die Frage, wie viele davon über ein 3D-fähiges Endgerät verfügen und sich für die angebotenen Inhalte auch interessieren. Es werden zum Beispiel nur freitags jeweils ein Film in 3D übertragen, samstags, einmal im Monat ein Bundesligaspiel und sonntags jeweils eine Dokumentation 3D.

Der Fernsehsender Arte hat im Dezember einen 3D-Abend veranstaltet und verschiedene Filmklassiker sowie Dokumentationen als 2D- und 3D-Versionen ausgestrahlt. Dabei handelt es sich allerdings um die einzige nennenswerte und frei empfangbare Aktion der öffentlich-rechtlichen Sender oder den Privaten in Deutschland. Es ist also trotz der Möglichkeiten immer noch zu wenig Angebot vorhanden um von einer 3D Revolution zu sprechen.

Die Kosten müssten minimiert werden und mehr Mut von Senderseite erfolgen um 3D wieder zu einem Attraktiven Angebot zu machen. Bis dahin vergehen aber sicherlich noch 10-15 Jahre.

---

<sup>20</sup> Vgl. [SPI13]

<sup>21</sup> Vgl. [DWD13]

## Literaturverzeichnis

**3DF:** 3D Foto Shop, ohne Titel, [http://www.3d-foto-shop.de/media/images/rcb\\_003-kl.jpg](http://www.3d-foto-shop.de/media/images/rcb_003-kl.jpg) , verfügbar am 02.07.2013

**ARS13:** ARS Imago, , [http://www.ars-imago.ch/images/dokus/Siemensstern\\_a.jpg](http://www.ars-imago.ch/images/dokus/Siemensstern_a.jpg) , verfügbar am 03.07.2013

**CHIP11:** Chip.de, Vor- und Nachteile der beiden 3D-Varianten, [http://www.chip.de/artikel/3D-TVs-im-Technik-Duell-Polarisation-versus-Shutter-2\\_51183986.html?virec=3603840829&vipos=1](http://www.chip.de/artikel/3D-TVs-im-Technik-Duell-Polarisation-versus-Shutter-2_51183986.html?virec=3603840829&vipos=1) , verfügbar am 04.07.2013

**CRE10:** Creativecow, Quasar Is Shown Throughout NAB Exhibition Hall, <http://news.creativecow.net/story/863653> , verfügbar am 02.07.2013

**DWD13:** DWDL.de, Mehr Kunden: Sky schreibt erneut schwarze Zahlen, [http://www.dwdl.de/nachrichten/38380/mehr\\_kunden\\_sky\\_schreibt\\_erneut\\_schwarze\\_zahlen/](http://www.dwdl.de/nachrichten/38380/mehr_kunden_sky_schreibt_erneut_schwarze_zahlen/), verfügbar am 15.07.2013

**ELE13:** Element Technica, , <http://elementtechnica.mybigcommerce.com/hand-controller-for-lens-control/> , verfügbar am 03.07.2013

**FILM09a:** Film-TV-Video, IBC 2009, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_IBC09\\_LMP\\_1200.jpg](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_IBC09_LMP_1200.jpg) , verfügbar am 02.07.2013

**FILM10:** Film-TV-Video, Stereo-3D in der Live-Produktion: Neuland erforscht, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_0910\\_Live3D\\_Rig\\_3.jpg](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_0910_Live3D_Rig_3.jpg) , verfügbar am 02.07.2013

**FILM10b:** Film-TV-Video, Verfügbare 3D-Inhalte in Deutschland, Stand: Oktober 2010, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_1110\\_3D\\_Goldmedia\\_4.png](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_1110_3D_Goldmedia_4.png) , verfügbar am 03.07.2013

**FILM10c:** Film-TV-Video, 3D Markteinführung über Flachbildschirme, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_1110\\_3D\\_Goldmedia\\_2.png](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_1110_3D_Goldmedia_2.png) , verfügbar am 03.07.2013

**FILM10d:** Film-TV-Video, Sinkender Novitäteneffekt von 3D, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_1110\\_3D\\_Goldmedia\\_1.png](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_1110_3D_Goldmedia_1.png) , verfügbar am 03.07.2013

**FILM13:** Film-TV-Video, Frame Kompatible 3D-Ausstrahlung, [http://media3.film-tv-video.de/pics/B\\_1110\\_3D\\_Astra\\_2.png](http://media3.film-tv-video.de/pics/B_1110_3D_Astra_2.png) , verfügbar am 03.07.2013

**FILM13b:** Film-TV-Video, 4K-Slow Motion mit EVS-Servern, [www.film-tv-video.de/newsdetail+M512d6dbf4e7.html](http://www.film-tv-video.de/newsdetail+M512d6dbf4e7.html) , verfügbar am 15.07.2013

- FKT11:** J. Buchs, A. Reitano, S. Heimbecher, Ein Jahr "Sky 3D". In: FKT - Fachzeitschrift für Fernsehen, Film und elektronische Medien, 2011, Nr. 8-9, S. 430 ff
- FKT13:** Sebastian Leske, XAVC - Advanced-Video-Coding. In: FKT - Die Fachzeitschrift für Fernsehen, Film und elektronische Medien, 2013, 4, S. 166 ff
- FKT13b:** Olaf Siem, Objektive in der 3D-Produktion. In: FKT - Fachzeitschrift für Fernsehen, Film und elektronische Medien, 2013, Nr. 7, S. 406
- FLU05a:** Detlef Fluch, Technische Grundlagen für Mediengestalter, 2005, AXEPT Verlag, ISBN: 3-9809247-8-5, S. 110
- FLU05b:** Detlef Fluch, Technische Grundlagen für Mediengestalter, 2005, AXEPT Verlag, S. 27
- FLU05c:** Detlef Fluch, Technische Grundlagen für Mediengestalter, 2005, AXEPT Verlag, S. 29
- FOTO13:** Fotocommunity, unbekannt, <http://img.fotocommunity.com/photos/10588846.jpg>, verfügbar am 04.07.2013
- FRAU11:** Fraunhofer Institut, Echtzeit-Tiefenmessung mit hochauflösender 3D-Kamera, <http://www.vision.fraunhofer.de/de/projekte/579.html> , verfügbar am 01.07.2013
- INI:** INITION, P+S Freestyle Rig Mirror, <http://inition.co.uk/3D-Technologies/ps-technik-freestyle-mirror-rig> , verfügbar am 02.07.2013
- ITB13:** ITB Broadcast and digital Cinema, MPE-200 Software, [http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/img/2010-03-15\\_sony\\_MPES-3D01.jpg](http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/img/2010-03-15_sony_MPES-3D01.jpg) , verfügbar am 12.07.2013
- KAM13:** Kameramann, Testchart, <http://www.kameramann.de/news/testchart-zum-downloaden-129932> , verfügbar am 03.07.2013
- LIV10:** Live Production, Eishockey WC 2010, [http://www.live-production.tv/system/files/imagecache/FW\\_GALLERY/Ice\\_Hockey\\_WC\\_2010\\_06ab.JPG](http://www.live-production.tv/system/files/imagecache/FW_GALLERY/Ice_Hockey_WC_2010_06ab.JPG) , verfügbar am 07.07.2013
- MEN09:** Bernard Mendiburu, 3D Movie Making - Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen, 2009, Focal Press, ISBN: 978-0-240-81137-6, S. 74/75
- PRO12:** Professional Production, , <http://www.professional-production.de/uploads/pics/nprodukte/12/12-03/NPSKKranL1210477.jpg> , verfügbar am 03.07.2013

- REAL09:** Reallusion, Grundsätze des 3D Stereosehens,  
[http://www.reallusion.com/de/iclone/Help/iClone5/Pro/09\\_3D\\_Vision/The\\_Concepts\\_of\\_Stereo\\_Vision.htm](http://www.reallusion.com/de/iclone/Help/iClone5/Pro/09_3D_Vision/The_Concepts_of_Stereo_Vision.htm) , verfügbar am 02.07.2013
- REAL13:** Reallusion, Grundsätze des 3D Stereosehens,  
[http://www.reallusion.com/de/CrazyTalk/help/CrazyTalk6/09\\_3D\\_Vision/The\\_Concepts\\_of\\_Stereo\\_Vision.htm](http://www.reallusion.com/de/CrazyTalk/help/CrazyTalk6/09_3D_Vision/The_Concepts_of_Stereo_Vision.htm) , verfügbar am 01.07.2013
- SON11:** SONY, 2D/3D Converter Data Sheet, 2011
- SON12:** SONY, MPE-200 Data Sheet, 2012
- SON13:** SONY, HDC-1500, <http://www.sony.de/pro/product/hdseries/hdc-1550r/overview> , verfügbar am 01.07.2013
- SON13b:** SONY, HKC-T1500, <http://www.sony.de/pro/article/cd-rebuild-1237479276838-1204> , verfügbar am 04.07.2013
- SON13c:** SONY, HDC-P1, <http://www.sony.de/pro/product/multipurposecameras/hdc-p1/overview> , verfügbar am 03.07.2013
- SON13d:** SONY, HDC-P1, <http://www.sony.de/pro/product/multipurposecameras/hdc-p1/overview> , verfügbar am 04.07.2013
- SON13e:** SONY, HDFA-200,  
<http://www.sony.de/pro/product/cameraandcamcorderadapters/hdfa-200/overview> ,  
verfügbar am 01.07.2013
- SON13f:** SONY, MPE-200, <http://www.sony.de/pro/product/multiformatimageproc/mpe-200/overview> , verfügbar am 01.07.2013
- SON13g:** SONY, 3D Bildmischer, <http://www.sony.de/pro/article/cd-rebuild-1237479278923-1204> , verfügbar am 02.07.2013
- SPI13:** Spiegel.de, Sky gewinnt überraschend viele Kunden,  
<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/sky-deutschland-gewinnt-ueberraschend-viele-kunden-a-897846.html>, verfügbar am 15.07.2013
- SPO13:** Sportcast, Produktionshandbuch, 2013
- TAU10a:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Fachverlag Schiele & Schön, ISBN: 978-3-7949-0791-5, S. 47
- TAU10b:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 44
- TAU10c:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 334
- TAU10d:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 349



**TAU10e:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 363

**TAU10f:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 91

**TAU10g:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 90

**TAU10h:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 157

**TAU10i:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 165

**TAU10j:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 244

**TAU10k:** Holger Tauer, Stereo 3D, 2010, Schiele & Schön, S. 281

**TOP13:** Top Vision, , <http://www.topvision.tv/technik> , verfügbar am 15.07.2013

**VID13:** Videosnpictures, 3D Film Kit, <http://videosnpictures.com/picture/2531121> ,  
verfügbar am 15.07.2013

**WDR10:** WDR, Sendungsbeitrag Kopfball,  
[http://www.wdr.de/tv/kopfball/sendungsbeitraege/2010/1121/bilder/101121\\_b\\_xl.jpg](http://www.wdr.de/tv/kopfball/sendungsbeitraege/2010/1121/bilder/101121_b_xl.jpg)  
verfügbar am 01.07.2013

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, den TT. Monat JJJJ

Vorname Nachname